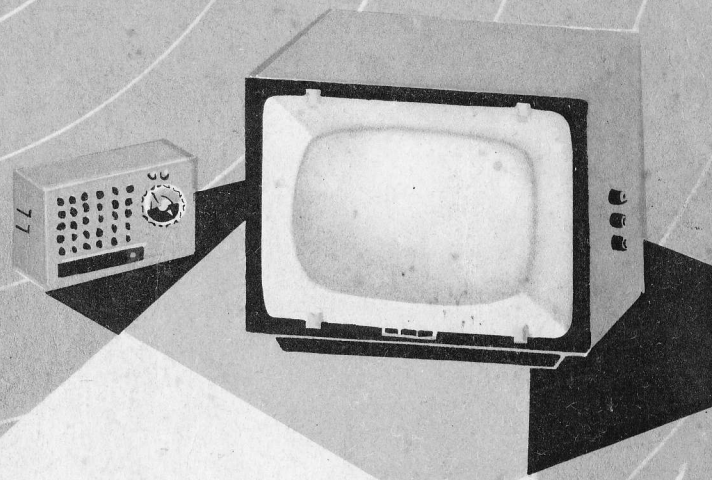
COLECȚIA RADIO ȘI TELEVIZIUNE

C. ȘERBU



# CONSTRUCȚII RADIO. ANTENE DE RADIO ȘI TELEVIZIUNE

EDITURA TEHNICĂ

*Broșura conține principiile care stau la baza construirii, instalării și funcționării antenelor destinate în special recepționării programelor de radio și televiziune.*

*Se dau indicații pentru alegerea tipului de antenă în funcție de gama de unde și de scopurile urmărite, insistîndu-se asupra aspectelor constructive, de amplasare, instalare și reglare pentru funcționarea optimă.*

*Broșura se adresează tehnicienilor radio și radioamatorilor. Ea este utilă și celor care nu au o pregătire în specialitate, deoarece cuprinde sfaturi pentru construirea și instalarea antenelor uzuale.*

## *PREFAȚA*

*Astăzi, în țara noastră, numărul celor ce urmăresc programele de radiodifuziune și de televiziune, precum și al celor care au intrat în rîndul radioamatorilor, crește din ce în ce mai mult. În plus, țara noastră produce radioreceptoare și televizoare în număr mare și de o calitate mereu mai bună. În viitor, planul de stat prevede o sporire a producției de radioreceptoare și televizoare, astfel că în anul 1970 vor fi în funcțiune aproximativ 1 250 000 televizoare și mult mai multe radioreceptoare. De asemenea, se va extinde și rețeaua de stații de emisie pentru a asigura în curînd o acoperire a întregului teritoriu cu două programe de radiodifuziune transmise pe unde normale (lungi și medii), un program de înaltă calitate, transmis pe unde ultrascurte, un program de televiziune, transmis în benzile I, II și III și apoi un al doilea program transmis în benzile IV și V.*

*Prezenta lucrare caută să dea radioascultătorilor, telespectatorilor interesați, precum și radioamatorilor și tehnicienilor radio, în primul rînd, un minimum de cunoștințe de bază din domeniul antenelor, care să-i ajute să înțeleagă importanța lor, modul de funcționare, dimensionare și reglaj. Întrucît lucrarea de față nu este numai o lucrare de informare, ci și de construcție, după prezentarea problemelor principiale se indică moduri de construcție concretă a diverselor antene și se dau detaliile necesare pentru amplasare și reglaj, astfel ca antena respectivă să aibă performanțele cît mai corespunzătoare.*

*Ordonarea materialului s-a făcut împărțind antenele după domeniul de frecvență în care lucrează și după unele performanțe specifice.*

*Cartea conține și prezentarea elementelor anexe — fideri, și dispozitivele de adaptare — și capitole privitoare la reglai și măsurări. În finalul lucrării se grupează, tratate la modul general, o serie de indicații referitoare la operațiile de alegerej dimensionare și instalare a unei antene.*

*Prin modul de prezentare ales s-a căutat ca lucrarea să poată fi utilă și celor neinițiați, ca și celor care au o serie de cunoștințe în domeniul radiocomunicațiilor. Paragrafele referitoare la adaptări, simetrizări și capitolul de măsurări și reglaje, pot fi foarte utile pentru aceștia din urmă.*

*Lucrarea nu epuizează toate tipurile de antene care se utilizează în comunicațiile profesionale, sau de către radioamatorii avansați, în special cu preocupări de emisie sau de recepție la mare distanță. De asemenea, antenele colective nu au fost abordate.*

*Autorul speră ca această broșură să fie utilă radioamatorilor începători, posesorilor de radioreceptoare și de televizoare, iar din anumite puncte de vedere și tehnicienilor și radioamatorilor avansați.*

AUTORUL

# INTRODUCERE

## 1. Rolul antenelor în realizarea radiocomunicațiilor

Radiocomunicațiile sînt posibile datorită utilizării undelor electromagnetice care se propagă la distanțe mari, cu viteza luminii, adică cu 300 000 km/s, atunci cînd mediul în care se propagă este aerul. Distanța de propagare depinde de o serie de factori, printre care menționăm energia care intră în joc la locul de emisie și felul traseului.

Aceste unde electromagnetice reprezintă suportul transmisiunilor, adică elementul care transportă informația dorită, care poate fi un mesaj telegrafic, telefonic, un program muzical, o imagine fixă sau în mișcare etc.

Pentru a se putea asigura transmiterea diferitelor informații este necesar un lanț de transmisiune prin care se propagă semnalul corespunzător obținut care traduce mesajul. Lanțul de transmisiune poate conține, între cele două puncte corespondente de emisie și recepție, o linie de transmisiune care, de multe ori, este o linie fizică formată din fire sau cabluri, iar alteori aceste semnale se transmit prin aer (cazul radiocomunicațiilor).

Cînd se face o transmisiune radio, lanțul de transmisiune este format în general din : o instalație de emisie cu antena, care radiază energie în spațiu sub formă de unde electromagnetice, mediul în care se propagă undele electromagnetice și instalația de recepție cu antena respectivă. Aceasta, fiind introdusă în cîmpul electromagnetic creat de antena emițătoare, captează energia transportată la distanță de

cîmp (propagat sub formă de unde) și o injectează la intrarea receptorului. La ieșirea acestuia se reface mesajul (fig. 1).

În cazul transmisiunilor radio, emițătorul, sau — cu denumirea general utilizată — transmițătorul, are o structură mai complicată. În afara elementului care traduce mesa-

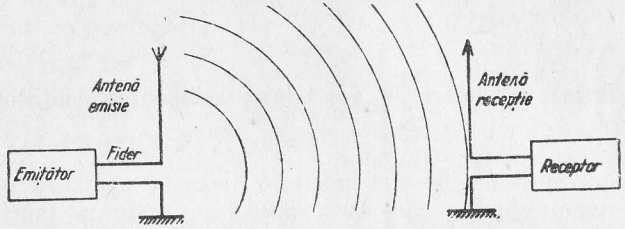



Fig. 1. Realizarea radiocomunicațiilor.

jul, mai apar în mod obișnuit unitatea care realizează procesul de modulație și uneori o unitate de codificare. Prima operație se referă la modificarea unei caracteristici a unei mărimi electrice în raport cu structura semnalului ce a fost obținut prin traducere. Așa, de exemplu, semnalul care a fost obținut de la un microfon modulează oscilația de radiofrecvență produsă de un emițător. Oscilația de radiofrecvență pe care se grefează semnalul prin modulare se numește undă purtătoare. Codificarea apare în plus atunci cînd mesajele se transmit prin semnale construite după un cod oarecare. Așa, de exemplu, în telegrafia în cod Morse se obțin semnale corespunzătoare unor puncte și linii, cu care se reprezintă literele alfabetului.

Din întregul lanț de transmisiune prin care se transmit semnalele, lucrarea de față prezintă antenele și anexele lor. Rolul lor este să radieze energia electromagnetică sub formă de unde, în cadrul instalațiilor de radioemisie, și să capteze această energie în cadrul instalațiilor de recepție.

Pentru radiocomunicații se utilizează domeniul de unde electromagnetice, numite unde radio, care au lungimile de undă cuprinse între 1 mm și 20 km (tabela 1).



*Tabela 1*

**Domeniul undelor radio**

| Gama de unde | Gama de frecvențe | Limite de frecvență | Limite de lungimi de undă |
|---|---|---|---|
| Unde lungi UL | Frecvențe radio | 15 — 100 kHz | 20 000 — 3 000 m. |
| Unde medii UM | (înaltă frecvență) | 0,1 — 1,5 MHz | 3 000 — 200 m. |
| Unde scurte US | Frecvențe înalte | 1,5 — 30 MHz | 200 — 10 m. |
| Unde ultrascurte UUS | Frecvențe foarte înalte | >30MHz | <10 m |
| Unde metrice | | 30 — 300 MHz | 10 — 1 m |
| Unde decimetrice | Frecvențe ultra înalte | 300 — 3 000 MHz | 10 — 1 dm |
| Unde centimetrice | Frecvențe super înalte | 3 000 — 30 000 MHz | 10 — 1 cm |
| Unde milimetrice | Frecvențe extrem de înalte | 30 000 — 300 000 MHz | 10 — 1 mm |

Aceste unde electromagnetice, care servesc ca mijloc de transport pe linia de transmisiune, se propagă în spațiu în mod diferit în funcție de lungimea lor de undă. Diferențele respective de propagare apar din cauza elementelor care intervin pe traseul respectiv: natura și configurația solului (constantele electrice și obstacolele naturale sau artificiale) și compoziția atmosferei, adică structura și înălțimea troposferei și a straturilor ionosferei.

În general, o antenă de la o stație de emisie poate să radieze după toate direcțiile din spațiu. Pe direcția de radiație la suprafața solului apare așa-zisa undă directă, denumită și de sol sau de suprafață. Energia care este radiată după direcții care fac un anumit unghi cu suprafața solului, ajunge în păturile superioare din atmosferă, în ionosferă. Ionosfera se caracterizează prin aceea că apare ca fiind formată din pături care au concentrații mai mari sau mai mici de ioni. Începînd de la 80 km — 400 km altitudine se găsesc o serie de regiuni cu concentrații mai mari de ioni. Straturile respective sînt denumite în ordinea înălțimii cu indicativele $D$, $E$,$F$ (ultimul apare ca strat continuu sau separat în două straturi $F_1$ sau $F_2$ după zi sau noapte, respectiv după intensitatea agentului care produce ionizarea — soarele).

În aceste straturi din ionosferă are loc o refracție multiplă, care în final apare ca o reflexie, și unda incidentă venită de la antena de emisie se îndreaptă din nou către sol. Numele său este acela de undă indirectă, denumită și undă spațială sau undă reflectată.

În funcție de lungimea de undă și de natura solului, undele electromagnetice au un drum direct la suprafață mai mare sau mai mic; din aceleași motive, ca și din cauza naturii straturilor din ionosferă, unda reflectată este mai mult sau mai puțin atenuată la trecerea prin diverse straturi, reflexia are loc la înălțimi diferite și distanța la care ajunge prin reflexie la sol este diferită.

În fig. 2 se prezintă, în general, modul de stratificare a ionosferei cu pături avînd concentrații sporite de ioni.

În general vorbind, cu cît frecvența este mai mică (lungimea de undă mai mare), distanța acoperită de unda directă este mai mare și reflexia se face la înălțime mai mică.



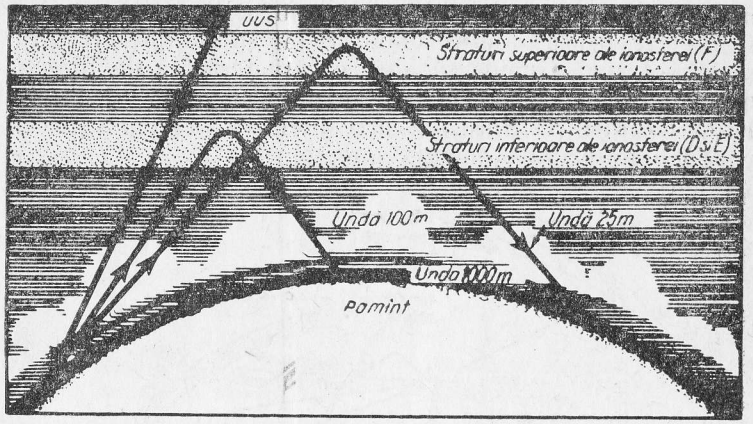



Fig. 2 Modul de stratificare a ionosferei cu pături avînd concentrații mari de ioni care intervin la diverse frecvențe.

Cu cît ne apropiem de domeniul undelor ultrascurte, proprietățile acestora se apropie din ce în ce mai mult de proprietățile undelor luminoase, adică propagarea se face urmînd, în principal, legile opticii geometrice și atunci tot ceea ce se radiază după alte direcții decît la suprafața solului se risipește în zadar. Abaterile de la legile normale sînt destul de numeroase și dau naștere la legături accidentale. Dintre ele se menționează neuniformitățile troposferice, aurorele boreale, meteoriții etc.

În afară de acestea, fenomenele de difracție și de difuzie la unde ultrascurte pot da naștere la măriri ale zonei de serviciu. Legăturile stabile obținute pe această cale depășesc distanțele obișnuite ale orizontului radioelectric (70—100 km), numai dacă instalațiile de emisie au puteri mari și acest lucru este posibil numai în scopuri profesionale.

În fig. 3 se pot urmări cîteva cazuri de legături în domeniul undelor ultrascurte. Dintre aceste legături, cea care se utilizează pentru puteri obișnuite, prezentînd stabilitate în funcționare, poartă numărul 1.

Funcție de lungimea de undă de lucru, antenele se construiesc în mod diferit. Astfel, o antenă care trebuie să aco-

pere o suprafață aproximativ circulară în jurul ei, va trebui să radieze la suprafața solului pe o suprafață circulară. Această antenă trebuie să aibă o caracteristică de directivitate omnidirecțională în plan orizontal (cerc) și o caracteristică cît mai restrînsă, cît mai directivă în plan vertical, pentru a nu trimite energie spre ionosferă.

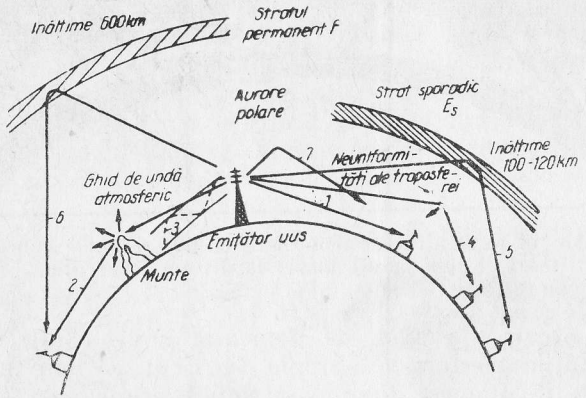



Fig. 3. Diverse trasee de propagare în UUS:
*1* — undă directă — traseu normal; *2* — traseu de difracție; *3* — ghid de undă atmosferică; *4* — traseu prin difuzie troposferică; *5* — traseu folosind stratul $E_s$ sporadic; *6* — traseu folosind stratul *F*; *7* — traseu de propagare posibil din cauza aurorelor boreale

Dacă, dimpotrivă, antena se folosește pentru a realiza o legătură radio cu un anumit punct, la o astfel de distanță, încît sînt necesare una sau mai multe reflexii în straturile din ionosferă, ea trebuie realizată cu o astfel de caracteristică de directivitate încît cea mai mare energie să fie radiată după direcțiile necesare în cele două plane.

Această radiație după direcții privilegiate nu se poate obține cu orice fel de antenă, ci cu antene de formă specială sau cu sisteme care se compun din mai multe antene. În unde lungi, din cauza dimensiunilor care ar rezulta, sistemele puternic directive sînt practic imposibile. Cu cît lungimea de undă scade, dificultățile sînt mai mici și se pot obține antene foarte directive, fie cu elemente filare, fie cu suprafețe radiante.



În fig. 4 se prezintă patru exemple de antene.

O primă antenă (fig. 4, *a*), folosită pentru radiodifuziunea pe unde medii, concentrează energia radiată la suprafața solului și se numește pilon autoradiant.

A doua antenă (fig. 4, *b*) este tipul de antenă perdea folosită în unde scurte; ea poate radia energie în două direcții opuse către ionosferă, după unghiuri dorite (direcții perpendiculare pe planul antenei). Ea se numește antenă sinfazică cu radiație transversală și este formată din mai multe etaje cu dipoli.

Cea de-a treia antenă (fig. 4, *c*) este antena obișnuită de televiziune, care asigură o directivitate în plan orizontal și prin adăugare de structuri (etaje) asemănătoare se poate obține un efect directiv și în plan vertical.

Al patrulea exemplu (fig. 4, *d*) este o antenă parabolică folosită în microunde. Directivitatea sa este foarte pronunțată și la lungimea de undă la care se lucrează nu rezultă dimensiuni ale oglinzii reflectante prea mari.

## 2. Clasificările antenelor

Antenele se pot clasifica, în afară de împărțirea lor după lungimea de undă, respectiv gama de frecvențe în care trebuie să lucreze, și după alte criterii. În primul rînd, pot fi antene de emisie și antene de recepție. În funcție de programul recepționat sau transmis se deosebesc antene de radiodifuziune (pentru modulație de amplitudine și pentru modulație de frecvență), de televiziune, de trafic etc. După modul de distribuție a undelor în antenă se deosebesc antene cu undă progresivă, cum sînt antena formată dintr-un conductor orizontal lung sau antena rombică de diverse forme. Toate celelalte antene lucrează în regim de undă staționară.

Antenele se mai pot împărți, ținînd seamă de caracteristica lor de radiație, în cele două planuri principale, în antene directive, antene mai puțin directive, antene omnidirecționale. De asemenea se poate face o clasificare și după cîștigul pe care-l au antenele.

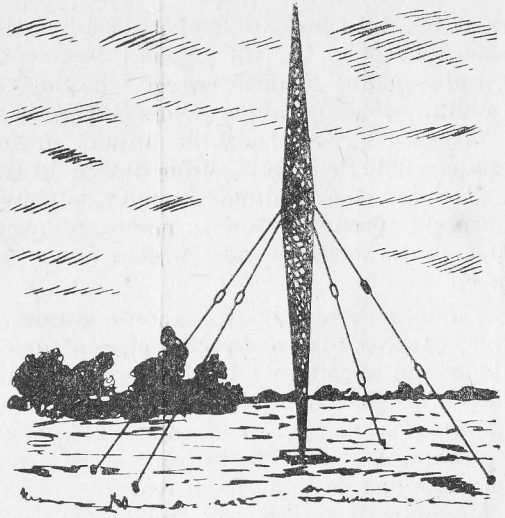


Fig. 4, *a*. Antenă pilon autoradiant pentru unde medii.

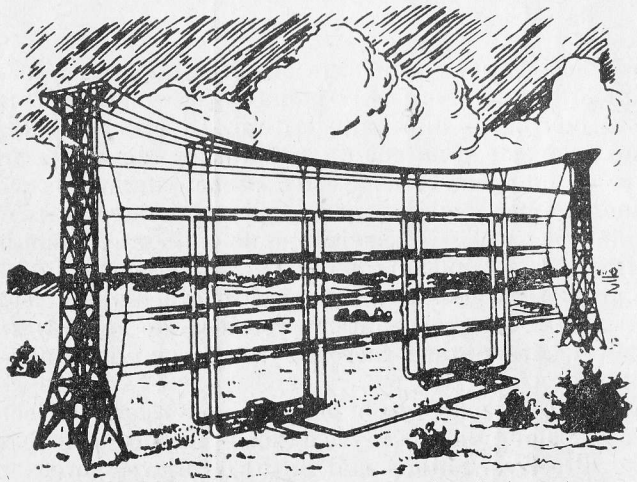


Fig. 4, *b*. Antenă orizontală sinfazică (perdea) pentru unde scurte.

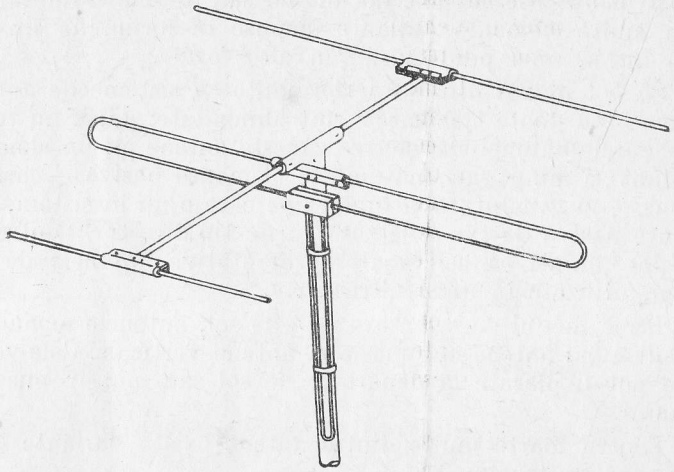


Fig. 4, *c*. Antenă de televiziune.

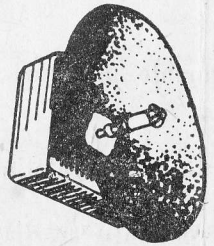


Fig. 4, *d*. Antenă parabolică pentru microunde.

Dar pentru realizarea unor anumite caracteristici de directivitate, de foarte multe ori se utilizează antene care sînt formate nu numai dintr-un singur element. Se pot construi așa-zise sisteme de antene sau antene formate din mai multe elemente radiante dispuse în formă de șir sau sub forma unei perdele sau în alte forme.

Se pot obține diverse performanțe cu sisteme de antene la care nu toate elementele sînt alimentate, adică nu toate elementele antenei sînt active. Aceste antene au un element radiant și unul sau mai multe elemente pasive — care se numesc, în general, fupă funcția pe care o au în sistem, elemente pasive de tip reflector sau de tip director. Dintre ele se pot aminti ca cele mai reprezentative antenele de tip Yagi, utilizate în unde ultrascurte.

După modul de orientare față de sol, antenele se mai pot clasifica în : antene orizontale și antene verticale. Cele verticale pot fi plasate la depărtare de sol sau pot fi puse la pămînt.

Pentru foarte multe dintre antene există variante diferite de construcție.

Din cele arătate rezultă că există o largă posibilitate de a face o clasificare a antenelor. În lucrarea de față se au în vedere, în special, antenele utilizate la recepția emisiunilor de radiodifuziune și televiziune, în gamele de unde lungi, medii, scurte și ultrascurte, precum și unele antene de emisie pentru benzile de unde scurte și ultrascurte.

## 3. Elementele componente ale unei instalații de antenă

O antenă este, de fapt, o instalație care cuprinde o serie de elemente.

În cadrul acestei instalații se deosebesc elemente care țin de funcționarea electrică a antenei și o serie de elemente mecanice.

Elementele principale ale instalației sînt prezentate în fig. 5.



Antena propriu-zisă este formată din fire sau elemente rigide (bare, țevi, plăci) și radiază sau captează energia electromagnetică. Ea are două borne, la care se leagă linia de alimentare — fiderul — care aduce energie de la

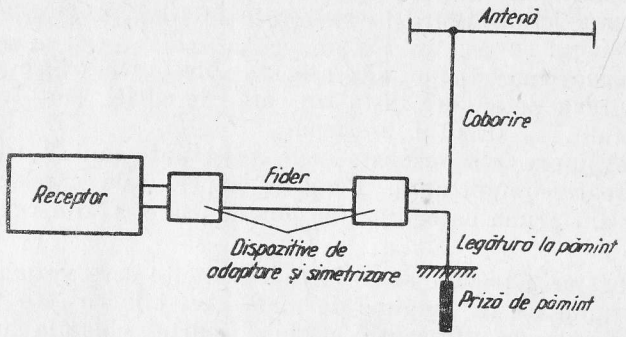



Fig. 5. Elementele componente ale unei instalații de antenă.

emițător sau conduce energia captată de antenă la receptor. Acesta poate fi realizat sub formă de linie bifilară sau sub formă de cablu coaxial.

Între antenă și fider apar dispozitivele de simetrizare și adaptare. Rolul acestora este de a asigura condiții de funcționare optime, atît fiderului cît și antenei, în ceea ce privește transferul de energie și radiația..

La capătul celălalt al fiderului către emițător sau receptor urmează, de asemenea, circuite de simetrizare și de adaptare. În lucrare, aceste dispozitive s-au dat, în marea majoritate a cazurilor, numai pentru recepție.

Alt element al antenei este contragreutatea, de formă filară sau de plasă, pusă pentru a înlocui efectul pămîntului perfect conductor.

La majoritatea instalațiilor se folosește o priză de pămînt care trebuie să asigure o rezistență de contact priză-pămînt cît mai mică.

Dintre anexele mecanice se menționează pilonii sau stîlpii de susținere, ancorele, scripeții, izolatoarele.

## 4. Importanța respectării normelor de instalare

Antenele, realizate corect ca dimensiuni și construcție mecanică, nu dau — de multe ori — rezultatele scontate deoarece, fie că sînt din capul locului greșit alese ca tip, fie că instalarea lor se face în locuri care nu sînt propice pentru acest lucru.

Considerînd că tipul ales este cel corespunzător, se amintesc cîteva detalii de instalare care, de altfel, sînt tratate în detaliu la sfîrșitul broșurii.

Degajarea față de obstacolele reflectante sau absorbante este foarte importantă. Pereții, acoperișurile caselor, fac parte din prima categorie, iar pomii, pădurea, din cea de-a doua.

Degajarea trebuie să se facă la distanțe care să fie măcar de o jumătate de lungime de undă. Acest lucru este foarte posibil în unde ultrascurte și chiar scurte, chiar la amplasarea pe acoperișuri. În unde medii și lungi nu este, în general, posibil așa ceva; de aceea trebuie să se utilizeze antene verticale nesimetrice sau antene orizontale plasate astfel, încît elementele metalice vecine să aibă o simetrie cît mai bună față de antenă. În fiecare caz, pentru determinarea parametrilor antenei, se va ține seamă de acestea (de exemplu înălțimea de la acoperiș pentru determinarea rezistenței de radiație).

Aceeași depărtare și simetrie trebuie să fie păstrate și pentru fideri.

Degajarea față de antenele vecine este un alt deziderat. Trebuie păstrată o distanță de cîteva $\lambda/2$ între antene și, de preferință, este bine să se pună antenele vecine pe direcții diferite față de corespondent.

Perturbațiile industriale trebuie evitate pe cît posibil. Antena trebuie depărtată lateral cît mai mult de sursele de perturbații (motoare, generatoare, instalații medicale etc.) și amplasată cît mai sus față de sol. Se recomandă, de asemenea, o coborîre ecranată.

În oraș, unde antenele directive sînt ușor de realizat, este bine să se utilizeze o antenă directivă în plan vertical, pentru a primi cît mai puțin de la sursa de perturbație



deoarece se știe că o recepție de calitate este asigurată numai la un anumit raport semnal *util*-perturbație.

În cazul transmisiunilor de televiziune, reflexiile posibile trebuie evitate, deoarece acestea dau naștere la imagini multiple. Eliminarea lor se obține prin realizarea unor antene directive și prin orientarea corespunzătoare a antenei.

Antenele trebuie să fie bine adaptate și simetrizate — pentru a asigura o transmisiune optimă.

Un alt deziderat este existența unei prize de pămînt bune.

*CAPITOLUL I*

# LINII DE TRANSMISIUNE

Într-un lanț de transmisiune intervine, așa cum s-a văzut, și elementul de legătură dintre transmițător și receptor, care este linia de transmisiune. În instalațiile de radiocomunicații, linia este formată din mediul de propagare al undelor electromagnetice — spațiul. Totuși, și în aceste instalații intervin linii care trebuie să facă legătura între antene și instalațiile de emisie, respectiv de recepție.

Aceste linii de transmisiune, numite și fideri (de la to feed = a lega, în engleză), care leagă antenele la instalații, sînt formate din două conductoare — linii bifilare — dintr-un conductor și pămînt — linii unifilare — sau un conductor central și o cămașă exterioară de protecție — cabluri coaxiale; deci, sînt circuite la care secțiunea este permanent aceeași ca natură fizică și dimensiuni geometrice. Liniile sînt circuite electrice care se comportă diferit față de circuitele obișnuite, în care apar elemente, ca: inductanțe, rezistențe, capacități. Spre deosebire de acestea, la care constantele $L$, $C$, $R$ sînt concentrate, la linii, inductanța, capacitatea, rezistivitatea sînt distribuite pe întreaga lor lungime.

Circuitele cu constante distribuite constituie o clasă de circuite care cuprind, pe lîngă liniile propriu-zise și antenele, deoarece și acestea sînt formate din conductoare al căror diametru este mic față de lungime și a căror lungime este comparabilă sau mai mare decît lungimea de undă la care se utilizează.

Deoarece studiul antenelor filare (din conductoare) se face pornind de la linii, s-au abordat, în primul capitol,

chestiunile legate de liniile de transmisiune ca bază în tratarea antenelor și ca utilizare directă a lor, sub formă de fideri, în instalațiile de antene.

## 1. Parametrii liniilor

Ca și la circuitele cu constante concentrate, și în cazul liniilor avînd constante distribuite, este important să se cunoască o serie de mărimi, pe baza cărora se pot determina cantitativ, procesele ce au loc de-a lungul lor.

Dintre aceste constante, numite mai des parametri, se disting două categorii: parametrii primari — care depind de natura și dimensiunile liniei — și parametrii secundari — care decurg din primii.

Parametrii primari ai unei linii de transmisiune sînt următorii:

— rezistența pe unitatea de lungime (respectiv rezistența distribuită) $R$, (1 $\Omega$/m);

— conductanța distribuită, $G$ (1/$\Omega$/m); conductanța se referă la pierderile care apar pe baza unei rezistențe de izolație de mărime finită între conductoare, precum și la pierderile care au loc în dielectricul liniei de transmisiune;

— inductanța pe unitatea de lungime (distribuită): $L$ (H/m);

— capacitatea distribuită $C$ (F/m).

Un parametru secundar este impedanța caracteristică $Z_0$. Ea depinde de primii patru parametri, iar la frecvențe foarte mari, numai de $L$ și $C$:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Constanta de propagare, $\gamma$, un alt parametru secundar, este determinată de expresia:

$$\gamma = \alpha + j\beta,$$

în care: $\alpha$ este constanta de atenuare;
$\beta$ — constanta de fază; se măsoară în Neper/m, respectiv radiani/m.



În cazul liniilor fără pierderi ($R = 0$; $G = 0$), respectiv al liniilor mai scurte sau comparabile cu lungimea de undă la care pierderile se pot neglija, lucru adevărat în domeniul de frecvențe radio, impedanța caracteristică $Z_0$ și constanta de propagare au expresiile:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{și} \quad \gamma = j\beta = j\omega\sqrt{LC}.$$

## 2. Impedanța de intrare a liniilor

De foarte multe ori, în aplicații practice, cînd se pune problema adaptării, adică a realizării unei impedanțe de aceeași valoare către emițător și către linie, de exemplu (lucru care asigură transferul optim de putere), este necesar să se cunoască impedanța la intrarea unei linii sau într-un punct oarecare pe linie.

Ca și în cazul circuitelor cu constante concentrate, impedanța este dată de raportul dintre tensiune și curent în punctul considerat. Expresia care rezultă aici este însă diferită față de cazul circuitelor obișnuite și depinde și de faptul dacă linia are pierderi sau nu. În cazul liniilor fără pierderi, expresia este de forma:

$$Z_i = Z_0 \frac{Z_s + jZ_0 \operatorname{tg} \beta l}{Z_0 + jZ_s \operatorname{tg} \beta l},$$

în care: $Z_0$ este impedanța caracteristică;
$Z_s$ — impedanța de sarcină;
$\beta$ — constanta de fază;
$l$ — lungimea liniei cînd originea se consideră la locul sarcinii (fig. I.1).

Din punct de vedere practic, sînt interesante, în mod deosebit, cîteva cazuri particulare, care vor interveni în instalațiile de alimentare și adaptare ale antenelor:

— linia terminată pe impedanța caracteristică ($Z_s = Z_0$), în care caz rezultă $Z_i = Z_0$; adică la intrare impedanța este egală chiar cu impedanța caracteristică;

— linia scurtcircuitată la capăt ($Z_s = 0$), în care caz se obține expresia:

$$Z_i = jZ_0 \operatorname{tg}\beta l$$

pentru linia fără pierderi;

— linia deschisă la capăt în gol ($Z_s = \infty$), în care caz se obține expresia:

$$Z_i = -jZ_0 \operatorname{cotg}\beta l,$$

pentru linia fără pierderi.

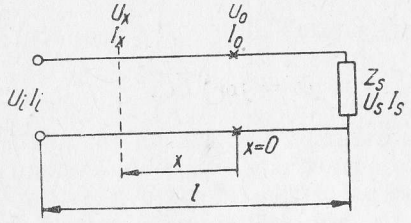



Fig. I.1. Curentul și tensiunea într-o secțiune oarecare la o linie lungă.

Deoarece antena poate fi privită ca o linie în gol, reactanța ei va varia după cotangentă (fig. I.2).

Întrucît la o antenă intervin pierderi, impedanța de intrare nu este pur reactivă și expresia reactanței nu mai trece prin valori infinite, așa cum se poate vedea în fig. II.1.

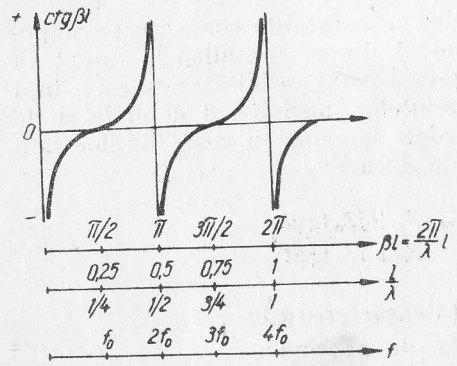



Fig. I.2. Variația reactanței la o linie în gol.

### 3. Propagarea undelor pe liniile de transmisiune

Pe liniile de transmisiune, tensiunile și curenții depind de locul de pe linie (coordonata $x$), unde se face determinarea, și de timp, ele fiind de forme cosinusoidale sau sinusoidale, ca orice tensiuni sau curenți alternativi, așa cum s-a văzut.



Dacă se consideră două momente diferite într-un punct oarecare de pe linie, amplitudinile tensiunii și curentului nu vor fi aceleași (fig. I.3).

Amplitudinile maximelor rămîn aceleași dacă linia nu are pierderi, respectiv nu se atenuează, iar dacă linia are pierderi, intervine și o atenuare, deci o micșorare a amplitudinii acestor cosinusoide care se deplasează pe linie.

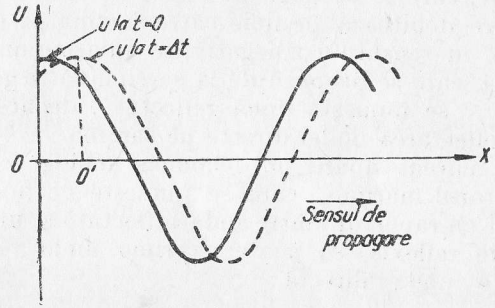



Fig. I.3. Distribuția în timp și spațiu a curentului și tensiunii pe o linie lungă fără pierderi.

În legătură cu aceasta se definește viteza de propagare a fazei undei respective, care este egală cu:

$$v = \frac{\omega}{\beta},$$

în care: $\omega$ este pulsația;

$\beta$ — constanta de fază.

Tot în legătură cu aceasta se mai definește lungimea de undă, care reprezintă distanța între două puncte succesive, avînd între ele diferența de fază de $2\pi$ și care are expresia:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta}.$$

Introducînd frecvența $f$, respectiv perioada $T = 1/f$, între mărimile respective există relațiile

$$\lambda f = v; \qquad \lambda = vT.$$

a. *Unde directe și unde reflectate*

În baza fenomenelor care se produc pe liniile de transmisiune, există două unde de tensiune care se propagă pe linie, una într-un sens și alta în sens opus, rezultanta lor fiind tensiunea dintr-un punct oarecare de pe linie. Viteza lor de propagare este aceeași, egală cu viteza de fază. Una dintre unde, care se propagă cu viteza de fază $v$ de la generatorul care debitează pe linie către sarcina pe care se termină linia, în sensul lui $x$ negativ, se numește undă directă, iar cealaltă, care se propagă de la sarcină către generator cu viteza $-v$, se numește undă reflectată, deoarece ea provine din reflectarea undei directe pe sarcină.

Pentru curent apare un fenomen analog.

Cu ajutorul mărimii, care se numește coeficient de reflexie, egal cu raportul dintre unda reflectată și unda directă la locul de reflexie, se poate exprima unda reflectată în funcție de unda directă:

$$k = \frac{U_r}{U_d},$$

în care: $k$ este coeficientul de reflexie;
$U_r$ — amplitudinea undei de tensiune reflectate;
$U_d$ — amplitudinea undei directe de tensiune la locul reflexiei.

Coeficientul de reflexie este egal cu:

$$k = \frac{U_s - Z_0 I_s}{U_s + Z_0 I_s},$$

atunci cînd tensiunea $U_s$ se consideră chiar la bornele sarcinii.

Dacă se înlocuiește raportul $U_s/I_s = Z_s$, atunci coeficientul de reflexie este determinat de relația:

$$k = \frac{Z_s - Z_0}{Z_s + Z_0}.$$

Pentru cîteva cazuri particulare, valorile coeficienților de reflexie sînt:

— pentru linia terminată pe impedanța caracteristică ($Z_s = Z_0$), $k = 0$, nu apare deci undă reflectată;



— pentru linia scurtcircuitată ($Z_s = 0$), $k = -1$, $U_s = 0$ unda reflectată de curent este egală și de același semn cu unda directă, iar tensiunea pe sarcină este nulă;

— pentru linia în gol ($Z_s = \infty$), $k = 1$; curentul prin sarcină este nul, iar tensiunea este de două ori mai mare decît tensiunea undei directe.

b. *Unde staționare*

S-a arătat că în cazul în care $Z_s = Z_0$, nu apar unde reflectate. În această situație, se spune că linia este adaptată și funcționează în regim de undă progresivă, adică, există numai undă directă care se propagă de la generator către sarcină.

O a doua posibilitate este aceea în care $Z_s \neq Z_0$. În această situație apar unde reflectate. Într-un punct oarecare pe linie vor sosi unde directe și reflectate avînd faze diferite: vor apărea tensiuni de valori maxime dacă cele două unde sosesc în fază (deci se adună) și tensiuni de valori minime date de diferența amplitudinilor celor două unde, dacă distanțele parcurse fac ca undele să sosească în antifază.

Dacă se parcurge, deci, linia, se vor găsi două puncte în care tensiunile sînt maxime și puncte în care tensiunile sînt minime. Distanțele între maximele, respectiv minimele succesive, sînt egale cu $\lambda/2$, iar distanța între un maxim și un minim vecin este $\lambda/4$.

Modul în care se prezintă distribuția curentului și tensiunii pe o astfel de linie, despre care se zice că lucrează în regim de unde staționare, este prezentat în fig. I.4.

Pentru a se aprecia regimul respectiv se folosește coeficientul sau factorul de undă staționară. Valoarea sa este dată de raportul între valorile tensiunii sau curentului dintr-un maxim și valorile tensiunii sau curentului dintr-un minim.

$$\sigma = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{I_{max}}{I_{min}}.$$

Între factorul de undă staționară și coeficientul de reflexie există relațiile:

$$\sigma = \frac{1 + k}{1 - k} \text{ și } k = \frac{\sigma - 1}{\sigma + 1}.$$

Factorul de undă staționară este totdeauna o mărime reală care variază între limitele 1 și $\infty$, valoarea 1 coresp-

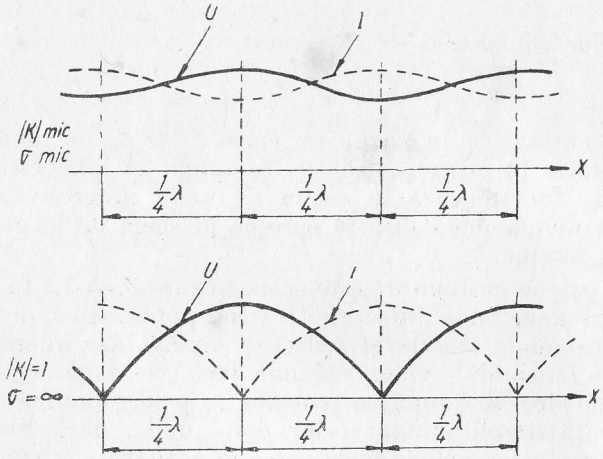



Fig. I.4. Unde staționare pe linii fără pierderi pentru curent și tensiune la două valori ale coeficientului de reflexie.

punzînd regimului de undă progresivă, adică absenței reflexiilor.

## 4. Tipuri de linii de transmisiune și parametrii lor

Se cunosc mai multe tipuri de linii de transmisiune. Unele dintre ele sînt formate dintr-un număr oarecare de conductoare paralele, grupate simetric, care constituie o linie de transmisiune simetrică, sau grupate nesimetric (în secțiune sînt dispuse pe un cerc în jurul unui conductor central).



Dintre aceste linii cu conductoare filare cea mai răspîndită este linia formată din două conductoare, numită *linie bifilară*.

Se utilizează atît linii bifilare, care nu au înveliș izolant (acestea avînd ca dielectric aerul), cît și linii ale căror conduc-

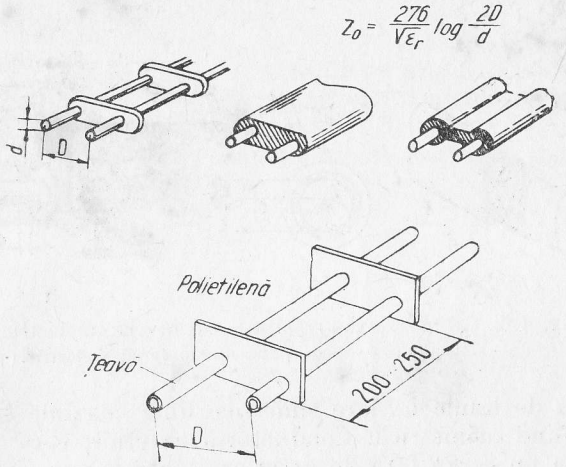



Fig. I.5. Forme de realizare practică pentru fideri bifilari.

toare sînt înglobate într-o masă de material dielectric. Primele linii trebuie să fie prevăzute din loc în loc cu o serie de distanțiere pentru a menține riguros constantă distanța dintre conductoare.

Acestea au un avantaj față de liniile cu dielectric, deoarece prezintă o atenuare mult mai mică. Nefiind flexibile însă și necesitînd distanțiere, prezintă dificultăți de instalare. Acesta este motivul pentru care astfel de linii se utilizează mai mult în instalații de emisie și în instalații de recepție cu caracter profesional.

Cîteva tipuri de construcții de linii bifilare sînt prezentate în fig. I.5.

*Liniile concentrice sau coaxiale* se realizează tot din conductoare filare sau din cabluri coaxiale cu înveliș continuu. Primele au ca material dielectric aerul și celelalte au între

conductorul interior și cel exterior un material dielectric continuu sau dispus sub forma unor șaibe de distanțare care să asigure centrarea conductorului interior (fig. I.6).

Cablurile coaxiale se utilizează atît în instalațiile de emisie cît și în instalațiile de recepție, alegîndu-se tipuri corespunzătoare după destinație.

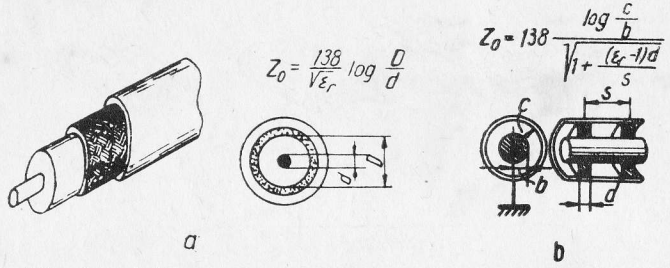



Fig. I.6. Cablu coaxial realizat cu înveliș dielectric:
*a* — continuu; *b* — cu șaibe din material dielectric.

Față de liniile bifilare simetrice linia coaxială se deosebește, fiind asimetrică. Conductorul exterior, care se comportă ca un ecran față de exterior, poate fi pus, în general, la pămînt. Acest lucru face ca o linie concentrică să nu radieze energie în exterior și nici să capteze energie din exterior. Dezavantajul acestor cabluri este că au pierderi în dielectric, deci atenuare mai mare față de liniile bifilare în aer. Deși prezintă acest inconvenient, dată fiind lipsa lor de sensibilitate la perturbațiile din exterior și la intemperii, se preferă liniilor bifilare, cu toate că sînt evident mai scumpe decît acestea.

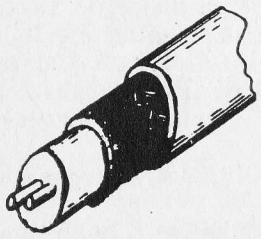


Fig. I.7.
Cablu coaxial simetric

De altfel se execută și linii simetrice într-un înveliș protector, care este în același timp și ecran (se prezintă ca un cablu coaxial, în interior, însă, în locul unui singur conductor central sînt două conductoare (fig. I.7). La fel de bine se pot utiliza ca linie simetrică și două cabluri coaxiale montate alături.



a. *Determinarea unor parametri ai liniilor uzuale*

Dintre toți parametrii liniilor, o importanță deosebită are impedanța caracteristică $Z_0$, deoarece în instalațiile practice trebuie alese, din motive de adaptare, linii cu o impedanță caracteristică impusă.

Cele mai obișnuite linii sînt cele bifilare, cu conductoare de cupru în aer, fixate cu distanțiere sau cu conductoare înglobate în masă plastică și cablul coaxial cu conductoare tot din cupru și cu dielectric, de regulă, polietilenă.

În aceste cazuri impedanțele caracteristice se pot determina cu ajutorul formulelor:

$$Z_0 = 120 \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{2D}{d} = \frac{276}{\sqrt{\varepsilon_r}} \lg \frac{2D}{d},$$

în care: $\varepsilon_r$ este permitivitatea dielectricului (în aer $\varepsilon_r = 1$);
$D$ — distanța între conductoare;
$d$ — diametrul conductorului
pentru liniile bifilare și cu:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{D}{d} = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon_r}} \lg \frac{D}{d}$$

pentru cabluri coaxiale,

în care: $d$ este diametrul conductorului central;
$D$ — diametrul interior al conductorului exterior.

Un alt parametru interesant este lungimea de undă pe linie.

S-a arătat că lungimea de undă este legată de viteza de propagare și de frecvență prin relația $\lambda = v/f$.

Viteza de propagare a undelor electromagnetice are însă expresia:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}},$$

în care $c$ este viteza luminii în mediul cu $\varepsilon_r = 1$ și $\mu_r = 1$ (aer).

În aceste condiții lungimea de undă pe linie va avea expresia:

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}},$$

care devine în aer:

$$\lambda[\mathrm{m}] = \frac{300}{f[\mathrm{MHz}]}.$$

Dacă pe linie apar diverși dielectrici sub forma unor distanțiere sau sub formă de miez sau cămașă de protecție continuă, atunci lucrurile se schimbă, deoarece la toți dielectricii $\mu_r = 1$, dar constanta dielectrică poate lua valori cuprinse între 2 și 10 pentru dielectricii utilizați în mod curent la linie.

Aceasta înseamnă că lungimea electrică a liniei va diferi de lungimea ei geometrică și diferența apare în sensul scurtării lungimii liniei.

Ca exemplu se consideră o linie coaxială la care dielectricul este polietilenă. Factorul de scurtare care intervine în expresia lungimii de undă este $1/\sqrt{\varepsilon_r} = 0{,}66$. Dacă se dorește să se obțină o linie de lungime $\lambda/2$ la o lungime de undă de 4 m, aparent s-ar părea că este nevoie de o linie avînd lungimea geometrică de 2 m. În realitate, însă, ținînd seamă de cele spuse mai sus, această linie trebuie scurtată în așa fel, încît lungimea electrică să ne asigure o lungime corespunzătoare lui $\lambda/2$. Prin multiplicare, deci, cu factorul 0,66, numit factor de scurtare, se obține lungimea liniei de $2 \times 0{,}66 = 1{,}32$ m. Acest factor de scurtare intervine și în cazul liniilor bifilare cu dielectric aer, cînd ia valoarea 0,975 (din cauza prezenței materialelor dielectrice ale distanțierelor și suporturilor liniei) și o valoare cuprinsă între 0,68 și 0,85 la liniile bifilare cu cămașă protectoare din material plastic.

Pentru calculul impedanțelor caracteristice, în locul formulelor se utilizează de multe ori abace. În fig. I.8 se prezintă diagrama de calcul a impedanței caracteristice a liniilor bifilare și a cablurilor coaxiale, considerînd $\varepsilon_r = 1$.

Alteori se dau diagrame de forma din fig. I.9.



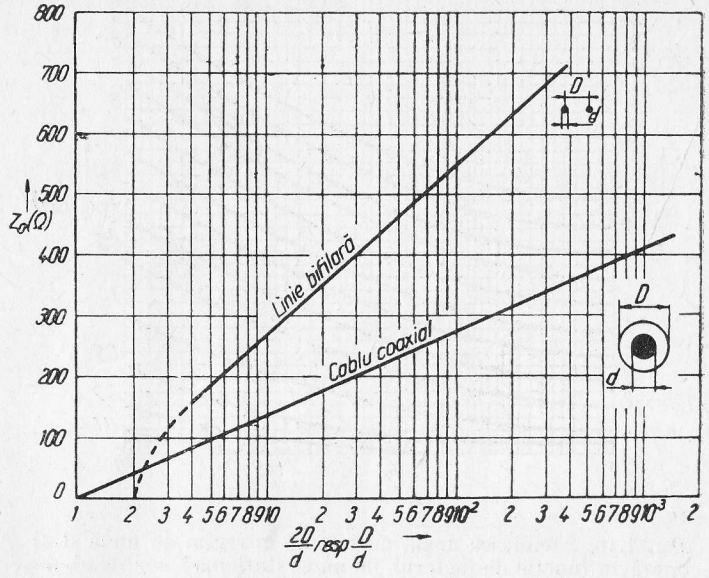



Fig. I.8. Impedanța caracteristică a liniei bifilare și a cablului coaxial (în cazul $\varepsilon_r = 1$).

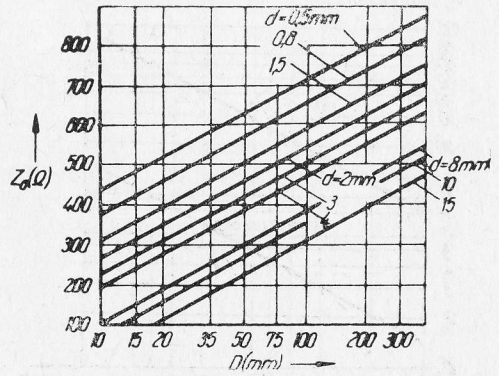



Fig. I.9. Variația impedanței caracteristice în funcție de dimensiunile geometrice ale liniei bifilare.

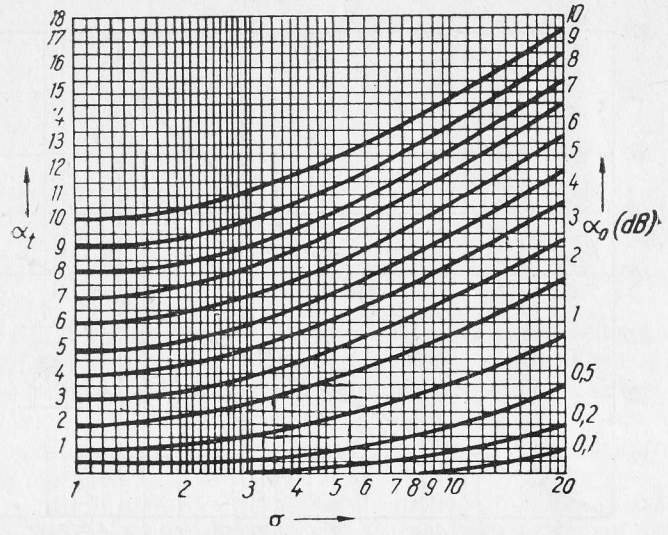



Fig. I.10. Atenuarea unei linii bifilare în regim de undă staţionară în funcţie de factorul de undă staţionară σ şi de atenuarea $\alpha_0$ în regim de adaptare ($\sigma = 1$).

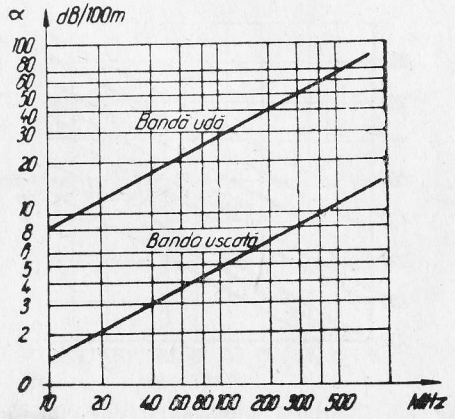



Fig. I.11. Variaţia de atenuare la o linie bifilară în două situaţii climatice.

Pentru calculul atenuărilor se pot da, de asemenea, diagrame de calcul, ca cea din fig. I.10.

Aici, atenuarea totală $\alpha_t$ este dată în funcţie de atenuarea $\alpha_0$ în condiţii de regim de undă progresivă şi factorul de undă staţionară σ.

Pentru liniile bifilare, se menţionează creşterea valorii atenuărilor în funcţie de intemperii, aşa cum se arată în fig. I.11.

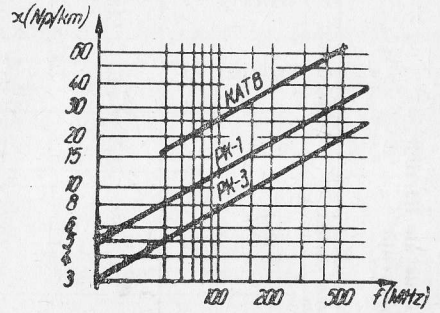



Fig. I.12. Atenuarea fiderilor sovietici uzuali în funcţie de frecvenţă.

Diagrama din fig. I.12 reprezintă variaţia atenuării diverşilor fideri de fabricaţie sovietică cu frecvenţa.

În tabela I.1 se dau principalele caracteristici ale fiderilor sovietici utilizaţi în mod curent.

În ţara noastră Fabrica de conductoare din Tg. Mureş construieşte cabluri coaxiale izolate în polietilenă.

Aceste cabluri se clasifică după natura materialului dielectric folosit şi după valoarea impedanţei caracteristice $Z_0$. Sistemul de notare a cablurilor este de forma CC2Y-II-7 × × 0,25 şi are următoarea semnificaţie:

CC — cablu coaxial;

2Y — dielectric — polietilenă;

I — polietilenă masivă ($\varepsilon_r = 2{,}15...2{,}30$); şi $Z_0 = 75\ \Omega \pm \pm 4\Omega$;

II — polietilenă celulară ($\varepsilon_r = 1{,}65...1{,}75$) şi $Z_0 = 75\Omega \pm \pm 5\Omega$;

III — polietilenă masivă şi $Z_0 = 50\Omega \pm 3\Omega$;

*Tabela I.1*

**Caracteristicile principale ale fiderilor de înaltă frecvență**

| Indicativul cablului | Fabricație | Conductor interior mm | Impedanța $Z_0$, Ω | Capacitatea pF/m | Atenuarea, dB/m | | Atenuarea, Np/km | | | | Coeficientul de scurtare | Diametrul exterior mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | f = 100 MHz | f = 300 MHz | f = 50 MHz | f = 100 MHz | f = 200 MHz | f = 500 MHz | | |
| PK-1 | U.R.S.S. | 1 × 0,68 | 77 | 67 | 0,112 | 0,198 | 8,5 | 13 | 18,5 | 31,5 | 0,66 | 8 |
| PK-3,4 | U.R.S.S. | 1 × 1,37 | 74 | 70 | 0,069 | 0,129 | 5,2 | 7,7 | 12,5 | 20 | 0,66 | 12 |
| KATB | U.R.S.S. | 2 × 0,8 | 300 | — | 0,217 | 0,42 | 17 | 25,5 | 38 | 66 | 0,83 | — |



7 × 0,25 — produsul numărului firelor care constituie conductorul central cu diametrul unui fir.

Conductoarele ca și cămașa exterioară (tresa) se confecționează din sîrmă de cupru electrolitic.

Învelișul (mantaua) de protecție este realizată din PVC.

Dimensiunile geometrice ale acestor cabluri sînt date în tabela I.2.

*Tabela I.2*

**Dimensiunile geometrice ale cablurilor coaxiale fabricate în R.S.R.**

| Tipul cablului | Construcția conductorului | Diametrul conductorului mm | Grosimea minimă a izolației de polietilenă mm | Diametrul peste izolația de polietilenă ±0,20 mm | Diametrul peste tresa de cupru ±0,40 mm | Diametrul peste învelișul PVC ± 0,40 mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CC2Y-I | 1×0,60 | 0,60 | 1,40 | 3,70 | 4,50 | 6,0 |
| | 7×0,20 | 0,60 | 1,40 | 3,70 | 4,50 | 6,0 |
| | 1×1,13 | 1,13 | 2,80 | 7,25 | 8,00 | 10,3 |
| | 7×0,17 | 1,11 | 2,80 | 7,75 | 8,00 | 10,3 |
| CC2Y-II | 1×0,70 | 0,70 | 1,30 | 3,60 | 4,40 | 5,6 |
| | 7×0,25 | 0,75 | 1,40 | 3,85 | 4,65 | 5,9 |
| | 7×0,35 | 1,05 | 2,00 | 5,50 | 6,30 | 7,5 |
| | 1×1,40 | 1,40 | 2,70 | 7,30 | 8,10 | 9,3 |
| | 7×0,48 | 1,44 | 2,80 | 7,50 | 8,30 | 9,5 |
| CC2Y-III | 7×0,20 | 0,60 | 0,60 | 2,1±0,15 | 2,90 | 4,1 |
| | 1×0,90 | 0,90 | 0,90 | 3,1±0,20 | 3,90 | 5,1 |
| | 7×0,32 | 0,96 | 1,00 | 3,3±0,20 | 4,10 | 5,3 |

Caracteristicile electrice ale cablurilor fabricate în R.S.R. sînt prezentate în tabela I.3.

În plus se menționează că mantaua de protecție din PVC trebuie să reziste, fără să se străpungă la o tensiune alternativă de 500 V, 50 Hz, după o imersiune în apă cu o durată de 4 ore.

Fabrica de conductoare Tg. Mureș construiește și linii bifilare numite cabluri de coborîre pentru TV în construcție plată avînd simbolul CTYP 2 × 7 × 0,3/2 × 95 mm² (C = = cablu; T = televizor; Y = izolație din P.V.C.; P = = plat).

*Tabela I.3*

**Caracteristicile electrice ale cablurilor fabricate în R.S.R.**

| Denumirea caracteristicii (parametrului) | Tipul cablului | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CC2Y-I | | | | CC2Y-II | | | | | | | CC2Y-III | | | | |
| | 1×0,60 | 7×0,20 | 1×1,13 | 7×0,37 | 1×70 | 7×0,25 | 7×0,35 | 1×1,40 | 7×0,48 | 7×0,20 | 1×0,90 | 7×0,32 | | | | |
| Impedanța caracteristică (Ω) | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 50 | 50 | 50 | | | | |
| Capacitate maximă (pF/m) | 75 | 75 | 75 | 75 | 67 | 67 | 75 | 67 | 67 | 95 | 125 | 125 | | | | |
| Atenuarea α (Np/km) la | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 MHz | 4,5 | 4,8 | 8,5 | 8,7 | 4 | 4,2 | 3,3 | 2 | 2,2 | 8,5 | 2 | 2,2 | | | | |
| 100 MHz | 15,5 | 17,5 | 8 | 8,5 | 14 | 15 | 11 | 7 | 7,5 | 27 | 14 | 14,5 | | | | |
| 300 MHz | 26 | 30 | 16 | 17 | 24 | 24 | 19 | 14 | 14,5 | 45 | 30 | 32 | | | | |
| 800 MHz | 41 | 47 | 25 | 27 | 42 | 40 | 35 | 21 | 23 | 82 | 48 | 55 | | | | |
| Tensiunea de încercare a dielectricului (kV) | 3 | 3 | 6 | 6 | 3 | 3 | 5 | 6 | 6 | 3 | 2 | 2 | | | | |



Constructiv, conductorul este format din liță de 7 × × 0,3 mm avînd secțiunea de 2 × 0,5 mm². Diametrul conductorului este de 0,73 mm și distanța între conductoare de 12 mm. Datele electrice sînt : $Z_0 = 300\,\Omega \pm 10\%$ ; C(pF/m) = = 17 ± 10% ; α(Np/km) = 17 (50 MHz) ; 32 (100 MHz) ; 50(150 MHz).

Ca străpungere ele trebuie să reziste la 15°C în apă timp de două secunde la 500 V, 50 Hz.

### *b. Diagrame pentru calculul liniilor*

Calculul analitic este adesea complicat și în orice caz laborios. Pentru o serie de parametri ai liniilor s-au indicat diagrame, cu ajutorul cărora se pot găsi în mod rapid valorile lor.

În cele ce urmează se prezintă o diagramă cu ajutorul căreia să se poată deduce impedanța de intrare sau alte mărimi caracteristice ale liniei, ca factorul de undă staționară etc., atunci cînd se cunosc alte mărimi.

Diagramele respective se dau, fie în coordonate rectangulare, fie în coordonate polare. Diagrama rectangulară a liniilor are dezavantajul că nu poate cuprinde în reprezentare toate valorile posibile pentru impedanțe (impedanțele variind de la zero la infinit, diagrama ar trebui să se întindă pînă la infinit).

Din acest motiv se folosește curent diagrama trasată în coordonate polare, denumită diagrama circulară a liniilor, care are aspectul din fig. I.13.

Din figură se vede că pe diagramă apar o serie de familii de curbe. Curbele punctate, sub formă de cercuri concentrice cu centrul în centrul diagramei, reprezintă curbe corespunzătoare factorului de undă staționară σ de diverse valori. Din centrul diagramei se pot duce raze care întîlnesc cercul periferic gradat în fracțiuni de $l/\lambda$. În afara acestor două familii de curbe (cercuri de σ și raze din origine) mai apar pe diagramă două familii de cercuri : o familie de cercuri avînd centrele pe diametrul vertical al diagramei și fiind tangente la cercul periferic în punctul inferior al diagramei, care reprezintă rezistențe normalizate $R/Z_0$ și o a doua

familie de cercuri tangente la diametrul vertical al diagramei în punctul inferior, care reprezintă reactanțe normalizate $X/Z_0$. Fiecare punct din diagramă corespunde unei impedanțe normalizate. Se mai remarcă pe diagramă că un perimetru întreg (respectiv o rotație începută din punctul zero) ne readuce în același punct după parcurgerea unei lungimi normalizate de $l/\lambda = 0{,}5$. Deci, după fiecare lungime, egală cu $\lambda/2$, regăsim pe linie aceeași impedanță, așa cum se întîmplă și în mod real.

Pe diagramă, în regiunea din dreapta diametrului vertical apar reactanțe inductive (pozitive) și în regiunea din stînga reactanțe capacitive (negative). Se mai indică pe diagramă două sensuri de parcurgere în distanțe normalizate către sarcină și către generator.

Un punct oarecare din diagramă se găsește la intersecția a două cercuri corespunzătoare celor două familii ($R/Z_0$ și $X/Z_0$). Același punct reprezintă intersecția dintre o rază și un cerc corespunzător unei anumite valori $\sigma$. Atunci cînd se cunoaște deci impedanța, prin cele două componente ale ei, se poate determina $\sigma$ și distribuția minimelor și maximelor. Invers, cînd se cunoaște factorul de undă staționară obținut prin măsurătoare și distanța de la sarcină pînă la un minim (în general se consideră primul minim de la sarcină), se pot determina impedanțele. Punctul corespunzător scurtcircuitului, respectiv oricărui minim de tensiune, este punctul superior al diagramei. Dacă ne referim la linia în gol, punctul corespunzător este punctul inferior. Pentru admitanțe $Y = \frac{1}{Z}$, lucrurile se prezintă în felul următor: punctul figurativ corespunzător unei admitanțe este simetricul față de centrul cercului al punctului corespunzător impedanței respective. Aceasta înseamnă că în dreapta diagramei vom avea susceptanțe [1]) pozitive și în stînga diagramei, susceptanțe negative. Punctele inferior și superior de astă dată sînt la fel inversate. Cînd se lucrează

[1]) Admitanța $Y$ este de forma $Y = G + jB$, în care
$G$ este conductanța;
$B$ — susceptanța.
Admitanța este inversă impedanței $= \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + jX}$.



cu admitanțe, scurtcircuitul corespunde punctului inferior, iar golul corespunde punctului superior al diagramei.

**Exemplul 1.** Considerînd o antenă, care are la o frecvență oarecare o impedanță de intrare egală cu $Z_A = 600 + j600$ (adică este neacordată pe frecvență respectivă, deoarece prezintă și o parte reactivă) ca sarcină pentru un fider cu impedanța caracteristică de $Z_0 = 600\ \Omega$, să se găsească factorul de undă staționară pe fider.

Impedanța de sarcină normalizată este:

$$\frac{Z_s}{Z_0} = \frac{R_s}{Z_s} + j\frac{X_s}{Z_0} = 1 + j.$$

Punctul care corespunde pe diagramă acestei impedanțe normalizate se găsește la intersecția cercurilor de rezistență egal cu 1 și reactanță egal cu 1, în dreapta diagramei (punctul $A$, fig. I.13).

Prin acest punct trece cercul corespunzător lui $\sigma = 2{,}6$ și, în acest mod s-a găsit factorul de undă staționară.

**Exemplul 2.** Pe un fider, care are impedanța caracteristică de $Z_0 = 300\ \Omega$ (o linie bifilară în plastic ce leagă antena cu un receptor), se măsoară distribuția de tensiune. Se găsește că primul minim de tensiune se află la o distanță de $l = 1{,}49$ m. Dacă se măsoară la $f = 70$ MHz, lungimea de undă corespunzătoare este $\lambda = \frac{300}{f} = \frac{300}{70} = 4{,}3$ m. Deoarece dielectricul nu este aer, lungimea de undă va fi obținută prin multiplicare cu factorul de scurtare 0,85, adică 3,65 m. Lungimea normalizată $\frac{l}{\lambda} = \frac{1{,}49}{3{,}65} = 0{,}408$. Prin măsurătoare se găsește și raportul dintre tensiunea maximă și minimă, adică factorul de undă staționară este $\sigma = 3$. Să se găsească pe baza acestor date impedanța de sarcină, respectiv impedanța de intrare a antenei. Fiind într-un punct de minim pe linie, înseamnă că ne situăm în partea superioară a diagramei. Pentru a găsi care este valoarea sarcinii trebuie să ne deplasăm cu distanța respectivă pînă la sarcină. Facem, deci, o rotație pe diagramă, în sens invers acelor ceasornicului, pînă la o valoare $l/\lambda = 0{,}408$. Unim centrul diagramei cu acest punct de pe periferie și impedanța de sarcină este reprezentată în diagramă de intersecția acestei raze cu cercul de $\sigma = 3$. Prin acest punct $B$ trec cercurile $\frac{R}{Z_0} = 0{,}45$ și $\frac{X}{Z_0} = 0{,}552$, reactanța avînd o natură inductivă. Impedanța de sarcină, dacă impedanța caracteristică a fiderului este $Z_0 = 300\ \Omega$, va fi de forma $Z_s = (0{,}45 \times 300 + j\ 0{,}552 \times 300)\ \Omega$.

## 5. Adaptarea impedanțelor cu ajutorul liniilor

Cu ajutorul elementelor de adaptare, impedanța de intrare a liniei se face egală cu impedanța generatorului și impedanța de sarcină (a antenei) se adaptează cu a fiderului. Problema adaptării antenei la fider este foarte acută în televiziune și numai în unele cazuri, care se vor specifica, nu se face adaptare. Instalațiile de adaptare se concep sub formă de transformatoare de impedantă sau șunturi reactive. Cele mai utilizate sînt: linia de lungime $\lambda/4$ și linia de lungime $\lambda/2$, ca transformatoare de impedanță, și, trunchiul de linie și dispozitivul care utilizează două trunchiuri de linie (prin trunchiuri de linie se înțeleg segmente dintr-o linie de transmisiune), ca șunturi reactive.

Liniile de adaptare se pot socoti ideale, deoarece lungimea liniei este mică în comparație cu lungimea liniei principale (fiderul de alimentare a antenei) și pierderile sînt mici. De aceea, în toate raționamentele care se fac se consideră impedanța de intrare a acestor linii ca fiind pur reactivă.

### a. *Adaptarea cu linie $\lambda/4$*

Transformatorul realizat cu o linie $\lambda/4$ se compune dintr-un segment de linie coaxială sau bifilară de lungime $x = \lambda/4$. Din fig. I.14 se vede că conectarea liniei $\lambda/4$ de impedanță caracteristică $Z_0$, între fider, care are impedanța caracteristică $Z_{0_1}$ și antena care are impedanța $Z_{0_2}$, poate duce la transformarea impedanțelor.

Formula de transformare este

$$Z_0^2 = Z_{0_1} \cdot Z_{0_2}.$$

după care trebuie aleasă impedanța caracteristică a transformatorului.

În fig. I.14 se poate observa adaptarea atunci cînd $Z_{0_1} < Z_{0_2}$ și deci $Z_0$ va trebui să fie mai mic decît $Z_{0_2}$. Acest raționament fizic duce la concluzia că pe seama undelor staționare, la un capăt al acestei linii se obține



tensiune maximă și curent minim, iar la celălalt capăt se obține curent maxim și tensiune minimă. La adaptare perfectă aceste tensiuni și curenți trebuie să corespundă exact impedanței circuitelor conectate în capetele corespunzătoare ale liniei de lungime $\lambda/4$. Cînd condițiile sînt satisfăcute, în liniile de bază (fideri) se obțin unde progresive. În linia de adaptare apar, însă, unde staționare dar, existența acestora nu este legată practic de pierdere de energie, deoarece lungimea acestei linii este mult mai mică decît lungimea fiderului.

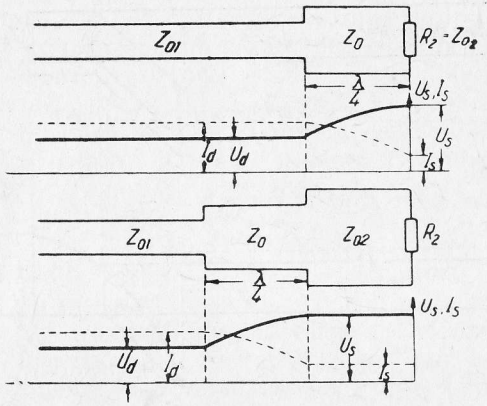



Fig. I.14. Adaptarea impedanțelor cu linie de lungime $\lambda/4$.

### b. *Adaptare cu linie $\lambda/2$*

Această linie nu face o transformare de impedanță dar inversează faza. Transformarea este independentă de impedanța caracteristică.

### c. *Adaptare cu trunchi de linie*

În anumite situații se utilizează la adaptarea liniei cu sarcina linii în scurtcircuit sau în gol (fig. I.15) conectate în acest caz în paralel pe linie sau sarcină.

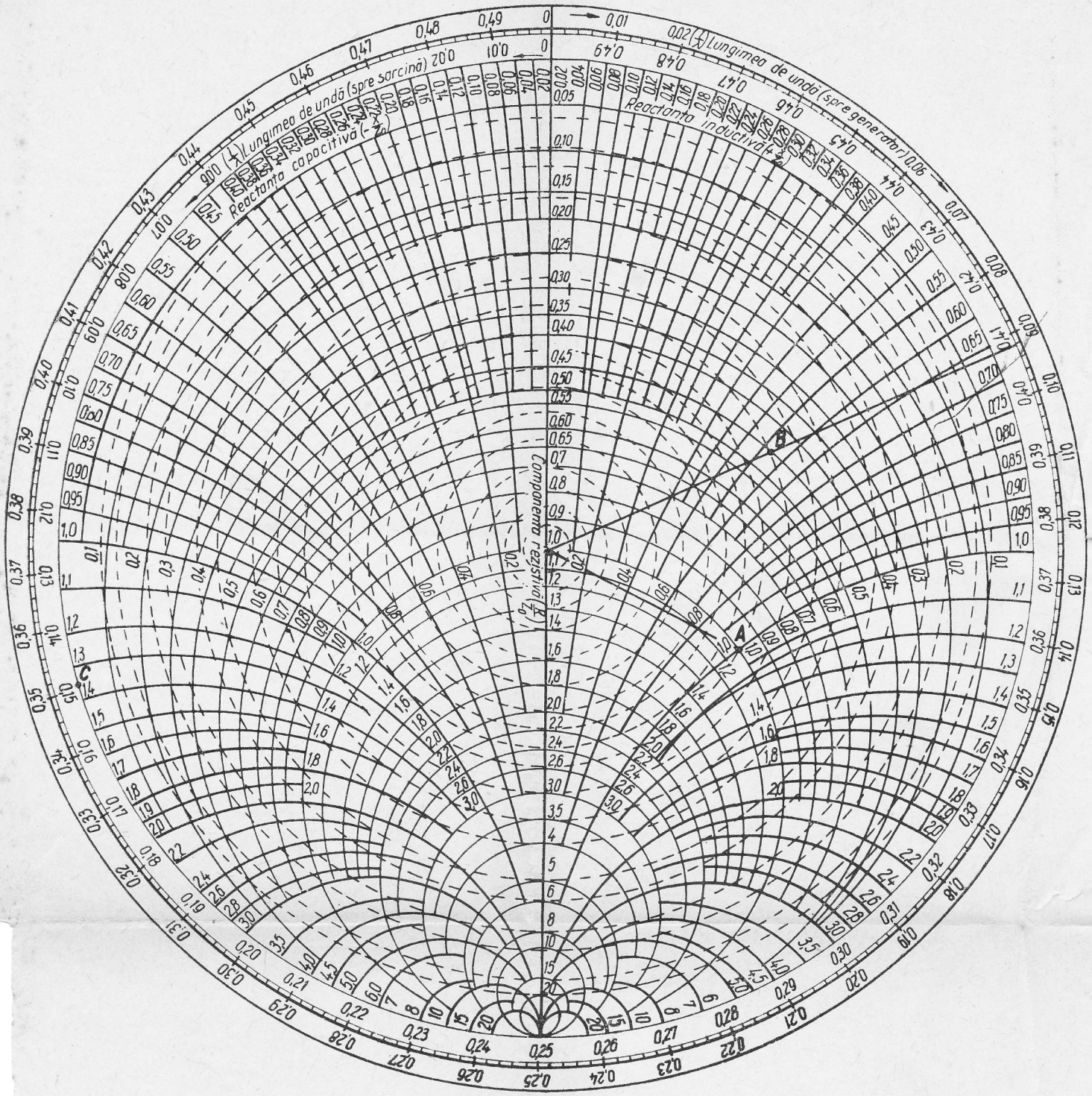



Fig. I.13. Diagrama circulară pentru calculul liniilor.

Aceste trunchiuri, fiind lipsite de pierderi, se comportă ca o susceptanță pură și pot compensa susceptanța sarcinii sau a liniei în punctul de conectare.

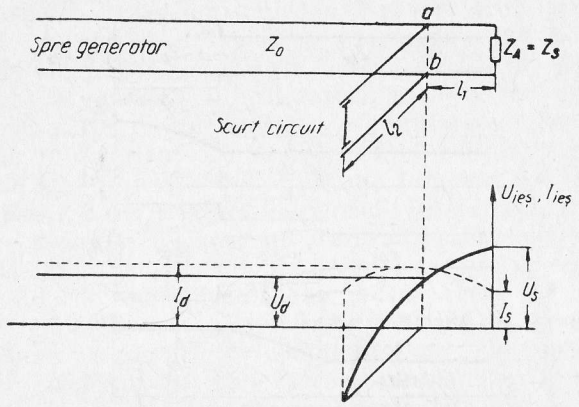



Fig. I.15. Adaptarea impedanței cu ajutorul unui trunchi de linie în scurtcircuit.

După cum se știe, pe liniile neadaptate în care există unde staționare, sînt secțiuni în care tensiunea este maximă și curentul este minim și la distanță $\lambda/4$ se află secțiuni unde tensiunea este minimă și curentul este maxim.

În aceste secțiuni componenta reactivă a impedanței de intrare schimbă semnul și prin urmare impedanța de intrare este pur rezistivă (v. fig. I.15). În aceste secțiuni rezistența de intrare este:

$$R_i = \frac{U_{max}}{I_{min}} = \frac{U_{max}}{U_{min}} \cdot \frac{U_{min}}{I_{min}}.$$

Impedanța caracteristică este $Z_0 = \frac{U_{min}}{I_{min}}$.

Considerînd $\sigma = \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{U_{max}}{U_{min}}$

se deduce

$$R_{i\ max} = \sigma \cdot Z_0.$$



În secțiunile liniei de tensiune minimă:

$$R_{i\ min} = \frac{U_{min}}{I_{max}} = \frac{U_{min}}{I_{min}} \cdot \frac{I_{min}}{I_{max}} = Z_0 \cdot \frac{1}{\sigma}.$$

În acest mod, pe porțiunea dată a liniei de lungime $\lambda/4$, cuprinsă între un maxim și un minim de tensiune sau curent, componenta activă (rezistivă) a impedanței de intrare se schimbă de la $R_{i\ min} < Z_0$ la $R_{i\ max} > Z_0$. Prin urmare, într-o secțiune intermediară $ab$ (fig. I.15), în care se conectează trunchiul, rezistența va fi egală cu $R_i = Z_0$ sau admitanța de intrare va fi $G_i = \frac{1}{Z_0} = Y_0$, de natura unei conductanțe pure.

Dar, în această secțiune există și o componentă reactivă a admitanței de intrare (o susceptanță) $jB$ a liniei de bază.

Lungimea $l_2$ a trunchiului se alege astfel, încît admitanța sa de intrare, care are un caracter pur reactiv, să fie egală ca valoare și inversă ca semn cu $B$ (admitanța totală a liniei în $ab$). Astfel, întreaga porțiune de bază a liniei, de la generator pînă la secțiunea $ab$, va fi închisă pe o sarcină rezistivă, cu admitanța egală cu admitanța caracteristică $Y_0 = G_0$. Datorită acestui fapt, pe întreaga linie, pînă la secțiunea $ab$, vor exista numai unde progresive de tensiune $U_d$ și $I_d$.

În mod principial trunchiul poate să fie format, fie dintr-o linie în gol, fie dintr-o linie în scurtcircuit la capăt, dar adesea se utilizează cea în scurtcircuit, deoarece cu aceasta se poate realiza un reglaj al lungimii mai simplu din punct de vedere mecanic.

În afară de aceasta, pierderile în linia în scurtcircuit sînt mai mici decît la linia în gol. Chiar și așa, pentru a reduce pierderile și dimensiunile lungimii trunchiului, acesta se ia mai mic decît $\lambda/4$. Impedanța de intrare a trunchiului în scurtcircuit cu lungime mai mică decît $\lambda/4$ are un caracter inductiv. De aceea, trunchiul se conectează în acea parte a liniei față de secțiunea în care tensiunea este maximă, unde impedanța de intrare are un caracter capacitiv. Rațiunea fizică a utilizării trunchiului constă în aceea că unda reflectată de sarcină trece în trunchi, unde se reflectă de scurtcircuitul de la capăt, ajunge din nou la sarcină și nu

trece în porțiunea de linie cuprinsă între generator și locul de conectare a trunchiului. În acest fel există unde staționare în trunchi și în secțiunea de linie cuprinsă între trunchi și sarcină. Evident că trunchiul trebuie conectat la fider cît mai aproape de sarcină.

**Exemplu.** Să se determine punctul de conectare dat de $l_1$ și lungimea trunchiului $l_2$ pentru adaptarea unei linii bifilare cu o sarcină dată. Prin măsurători pe linie s-au determinat în absența trunchiului factorul de undă staționară $\sigma = 4$ și distanța de la capătul liniei pînă la cel mai apropiat minim de tensiune 0,19 $\lambda$ (fig. I.16).

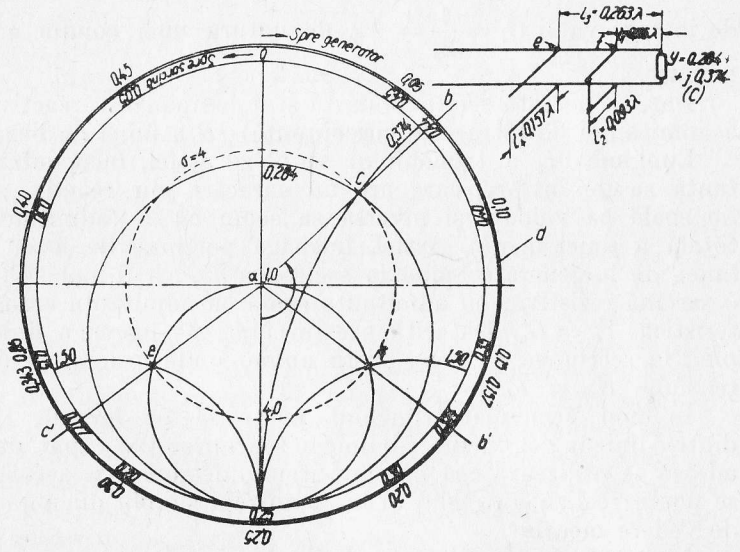



Fig. I.16. Calculul pentru adaptarea cu trunchi în scurtcircuit pe diagrama cercului.

Vom lucra socotind admitanțele. Punctul de intrare în diagramă este punctul inferior de această dată, deoarece se lucrează cu admitanțe și acest punct corespunde unei admitanțe nule.

Din acest punct se parcurge conturul diagramei către sarcină cu mărimea 0,19 și se ajunge pe contur în punctul $0{,}44 = 0{,}25 + 0{,}19$ (punctul $b$).

Se duce raza care unește centrul diagramei cu punctul determinat $b$ pe periferie corespunzînd la o rotire cu distanța normată 0,19 și se găsește la intersecția acestei drepte cu cercul corespunzător factorului



de undă staționară egal cu 4 punctul $c$, care corespunde admitanței normate a sarcinii $y = \frac{Y_s}{Y_0} = 0{,}284 + j\ 0{,}374$.

Se determină distanța de la sarcină pînă la secțiunea liniei, a cărei conductanță normată este egală cu 1 ($g = 1$) (deci distanțele $l_1$ sau $l_3$ unde se conectează trunchiul). Pentru aceasta se duc prin punctul de intersecție al cercurilor de $g = 1$ și $\sigma = 4$ două drepte $ab'$ și $ac'$. Se obțin două puncte în care se poate realiza adaptarea, deci care ne vor da poziția trunchiului. Linia $ab'$ intersectează periferia diagramei în punctul $b'$ la valoarea 0,324, iar linia $ac'$ la valoarea 0,177. Prin urmare, în primul caz distanța $l_1/\lambda = 0{,}44 - 0{,}324 = 0{,}116$, iar în celălalt caz $l_1/\lambda = 0{,}44 - 0{,}177 = 0{,}263$ (pe figură această a doua posibilitate s-a notat cu $l_3$).

Se determină susceptanța normată în punctul de conectare al trunchiului. În punctele determinate $e$ și $f$ corespund $b = -1{,}5$ și respectiv $b = +1{,}5$. Prin urmare, în primul caz susceptanța trunchiului va trebui să fie $b_t = +1{,}5$, iar în cel de-al doilea caz $b_t = -1{,}5$. Aceasta înseamnă că la o lungime a trunchiului mai mică decît $\lambda/4$ primul trunchi va trebui să fie în gol iar cel de-al doilea în scurtcircuit. Pentru a determina lungimea trunchiului în scurtcircuit $l_2$ se face o rotație pe periferia diagramei, plecînd din punctul inferior, ($b = \infty$) în sensul acelor ceasornicului (către generator) pînă se găsește valoarea $b_t = -1{,}5$, care corespunde pe periferie valorii de 0,343. Prin urmare, lungimea trunchiului va fi $l_2/\lambda = 0{,}343 - 0{,}25 = 0{,}093$. În cazul al doilea rotația începe din punctul superior al diagramei ($b = 0$) în sensul acelor ceasornicului pînă la curba de susceptanță constantă $b = +1{,}5$. Lungimea respectivă este $l_2 = 0{,}157\ \lambda$.

## d. *Adaptarea cu două trunchiuri de linie*

Pe liniile coaxiale este dificil să se realizeze un trunchi de linie mobil pentru a asigura adaptarea. De aceea se utilizează pentru adaptare un sistem compus din două trunchiuri fixe, în scurtcircuit la capăt, avînd scurtcircuitele mobile (fig. I.17).

De obicei, distanța dintre ele se alege egală cu $\lambda/8$ sau $3 \cdot \lambda/8$. Ideea constă în aceea că, la locul de conectare al primului trunchi $Tr_1$ la fider, conductanța de intrare a întregului circuit către sarcină (considerînd deci și acțiunea de șuntare a trunchiului $Tr_2$) se stabilește egală cu admitanța caracteristică a liniei $Y_0 = \frac{1}{Z_0}$, iar susceptanța aceluiași circuit se compensează cu o susceptanță de semn opus dată de trunchiul $Tr_1$.

Cu aceasta, linia de la generator pînă la punctele *ab* lucrează în regim de undă progresivă. După cum se vede $Tr_1$ îndeplinește aceeași funcție din cazul expus anterior. Diferența dintre aceste două sisteme constă în aceea că în

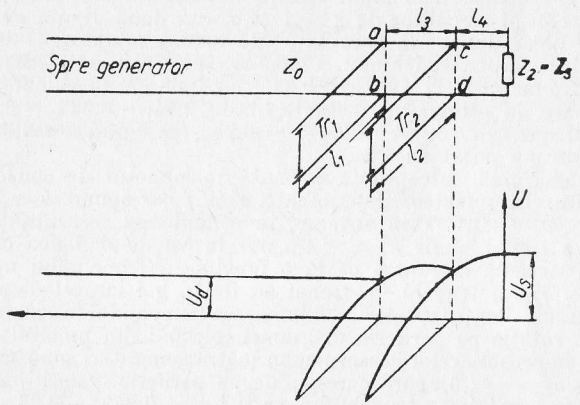



Fig. I.17. Adaptarea impedanțelor cu două trunchiuri de linie în scurtcircuit.

timp ce în schema cu un trunchi condiția conectării în secțiunea cu $G_i = G_0$ se atingea cu un trunchi mobil, în situația aceasta ea se realizează variind lungimea $l_2$ a trunchiului $Tr_2$.

Partea de linie din punctele *cd* poate să dea o admitanță de intrare complexă. Deoarece $Tr_2$ este echivalent cu o susceptanță, prin conectarea lui se poate modifica raportul între conductanță și susceptanță în secțiunea *cd*. Prin urmare reglînd $l_2$ se poate schimba poziția maximului și minimului admitanței de intrare întrucît valoarea intermediară $R_i = Z_0$ se găsește în secțiunea unde este conectat trunchiul $Tr_1$, ceea ce este chiar necesar pentru adaptare.

În acest caz, în porțiunea liniei de la dreapta secțiunii *ab* către sarcină și în trunchiurile de linie apar undele staționare.

**Exemplu.** Alegînd, așa cum s-a mai spus, distanța dintre trunchiuri de exemplu $l_3 = 3/8 \cdot \lambda = 0{,}375\ \lambda$ și conectînd $Tr_2$ la o distanță arbitrară $l_4 = 0{,}15\ \lambda$, se pot găsi lungimile celor două trunchiuri necesare de realizat pentru adaptare, în cazul în care cunoaștem admitanța de sarcină $Y_2 = (0{,}002 - j \cdot 0{,}003)\ \frac{1}{\Omega}$ și impedanța caracteristică a fiderului $Z_0 = 100\ \Omega$.

Se determină admitanța normată a sarcinii:

$$y_2 = \frac{Y_2}{Y_0} = \frac{0{,}002 - j \cdot 0{,}003}{0{,}01} = 0{,}2 - j\ 0{,}3.$$

Se găsește pe diagrama circulară din fig. I.18 punctul *2*, care corespunde acestei admitanțe.

Prin acel punct trece cercul de factor de undă staționară $\sigma = 5{,}55$. Se duce raza din centrul diagramei care trece prin punctul *2*, corespunzător admitanței normate de sarcină, și se găsește pe periferie punctul *3*. Se caută punctul care corespunde admitanței, liniei de fider (avînd sarcina conectată) în secțiunea *cd*, fără ca trunchiul $Tr_2$ să fie conectat. Aceasta înseamnă că trebuie determinată admitanța de intrare a unei linii de lungime $l_4 = 0{,}15\ \lambda$, care este închisă pe o sarcină de admitanță normată $y_s = y_2 = 0{,}2 - j\ 0{,}3$. Pentru aceasta

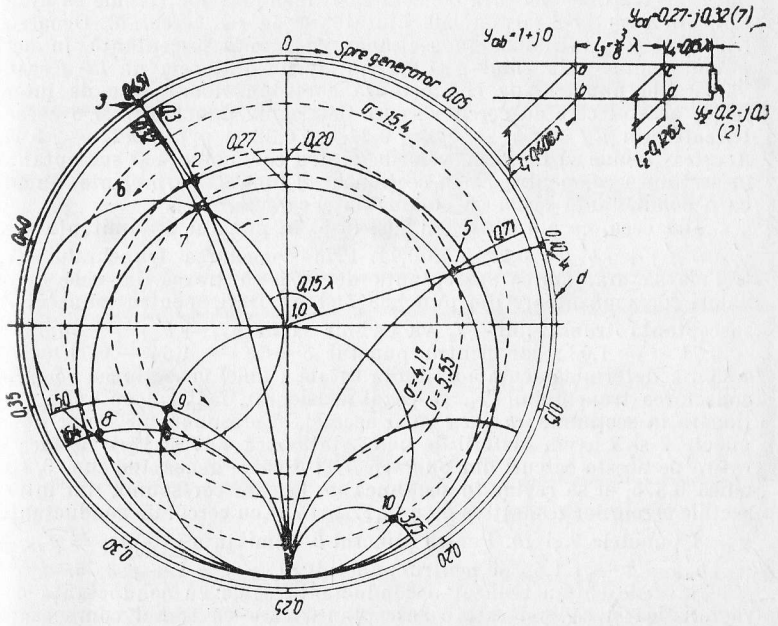



Fig. I.18. Calculul pentru adaptarea cu două trunchiuri de linie pe diagrama cercului.

ne rotim pe diagramă în sensul acelor ceasornicului (către generator) din punctul *3*, cu o lungime normată 0,15. Se găseşte pe periferie punctul *4*, care corespunde la 0,451 + 0,15 = 0,601, respectiv interesează numai ceea ce depăşeşte valoarea de 0,5 λ, adică 0,1 λ.

Pentru găsirea admitanţei de intrare se intersectează raza care trece prin punctul *4* cu cercul corespunzător factorului de undă staţionară de σ = 5,55 (care arată tocmai neadaptarea sarcinii la fider); punctul de intersecţie *5* reprezintă o admitanţă $y'_{cd} = g'_{cd} - jb'_d = 0{,}27 + j\,0{,}71$.

Se determină, în continuare, admitanţa liniei în secţiunea *cd*, considerînd şi trunchiul $Tr_2$ conectat. Mărimea acestei admitanţe este în directă dependenţă de admitanţa fiderului în secţiunea *ab*. Ultima trebuie să aibă o conductanţă egală cu admitanţa caracteristică, independent de existenţa şi lungimea trunchiului $Tr_1$, deoarece acest trunchi $Tr_1$ introduce pe linie în secţiunea *ab* numai o susceptanţă. Prin urmare, admitanţa liniei în secţiunea *ab* se caracterizează pe diagrama circulară prin cercul de conductanţă constantă $g = 1$.

Segmentul de linie cuprins între secţiunile *ab* şi *cd* are o lungime de 3/8 λ şi, de aceea, pentru admitanţa caracteristică în secţiunea *cd* cercul de $g = 1$ trebuie rotit în raport cu centrul diagramei cu 3/8 λ, respectiv cu 0,375 către sarcină. Pentru determinarea admitanţei liniei în secţiunea *cd* prin conectarea trunchiului $Tr_2$ trebuie să ajungem din punctul *5* la punctele ajutătoare de pe cercul *6*. Deoarece trunchiul $Tr_2$ introduce în secţiunea *cd* numai susceptanţă, în acel punct conductanţa fiind $g = 0{,}27$, trebuie să trecem de la această valoare la punctele de conductanţă corespunzătoare date de intersecţia acestui cerc cu cercul *6*, care determină punctele *7* şi *8* caracterizate prin $y_{cd} = g_{cd} + j\,b_{cd} = 0{,}27 - j\,0{,}32$ şi $y_{cl} = 0{,}27 - j\,1{,}64$. Acestea trebuie să fie, deci, valorile pentru conductanţă şi susceptanţă în secţiunea *cd*, pentru ca în secţiunea *ab* linia să se prezinte numai ca o conductanţă egală cu conductanţa caracteristică.

Din ceea, ce am scris mai sus, însă, în punctul *5* admitanţa era $y'_{cd} = g'_{cd} + j\,b'_{cd} = 0{,}27 + j \cdot 0{,}71$. Prin conectarea trunchiului $Tr_2$ trebuie să aranjăm ca susceptanţa de 0,71 să treacă la cele două valori corespunzătoare din punctele *7* şi *8*. Deci, pentru punctul *7*, susceptanţa trunchiului $Tr_2$ va trebuie să fie $b_{cl} - b'_{cd} = -0{,}32 - 0{,}71 = -1{,}03$; iar pentru punctul *8* este $-1{,}64 - 0{,}71 = -2{,}35$. Se determină acum admitanţa totală a liniei în secţiunea *ab* prin conectarea trunchiului $Tr_1$. În cazul considerat, factorul de undă staţionară în secţiunile *ab* şi *cd* va fi aceeaşi. Corespunzător celor două puncte *7* şi *8* avem factorii de undă staţionară 4,17 şi 15,4. Se face o rotire pe aceste cercuri din punctele *7* şi *8* către generator cun 3/8 λ, adică 0,375, şi se revine în secţiunea *ab* la care corespund, din intersecţiile cercurilor respective de σ (4,17 şi 15,4) cu cercul de conductanţă $g = 1$ punctele *9* şi *10*. Pentru punctul *9* admitanţa este $y'_{ab} = g'_{ab} + j\,b'_{ab} = 1 - j\,1{,}55$ şi pentru punctul *10*, $y'_{ab} = 1 + j\,3{,}75$.

Se vede că s-a realizat o conductanţă egală cu conductanţa caracteristică şi că mai este o susceptanţă care va trebui compensată tocmai cu trunchiul $Tr_1$. Pentru a satisface acest lucru susceptanţa trunchiului trebuie să fie egală şi de semn contrar cu susceptanţa



liniei în secţiunea *ab*. Deci, pentru punctul *9* susceptanţa trunchiului trebuie să fie egală cu 1,55 şi pentru punctul *10* cu — 3,75. Prin conectarea unui trunchi corespunzător admitanţa rezultantă în secţiunea *ab* va fi egală cu $y_{ab} = g_{ab} + j\,b_{ab} = 1 + j \cdot 0$, ceea ce corespunde cu centrul diagramei. Lungimea trunchiului $Tr_1$ se determină pornind din punctul inferior al diagramei. Pe periferie ne rotim în sensul către generator, pînă cînd intersectăm cu valorile corespunzătoare de susceptanţă (fig. I.18) 1,55, la care corespunde $l_1 = 0{,}408$ λ şi pentru susceptanţa — 3,75 corespunde 0,042 λ. Dacă se face acelaşi lucru şi pentru $Tr_2$, la susceptanţa — 1,03 corespunde $l_2 = 0{,}126$ λ şi la susceptanţa — 2,35, corespunde $l_2 = 0{,}064$ λ.

Se observă că adaptarea se poate realiza prin două combinaţii posibile de trunchiuri, avînd $l_{11} = 0{,}408$ λ şi $l_{21} = 0{,}126$ λ, sau $l_{12} = 0{,}042$ λ şi $l_{22} = 0{,}064$ λ. Întrucît a doua combinaţie prezintă trunchiuri avînd lungime mult mai mică, aceasta se va alege pentru realizarea practică.

Metodele de adaptare descrise sînt eficiente numai într-o bandă relativ restrînsă de frecvenţă, în jurul frecvenţei (lungimii de undă), pentru care s-au dimensionat liniile de adaptare. Din acest motiv utilizarea lor este indicată la o frecvenţă fixă de lucru (într-o bandă de US sau pe un canal de TV). Pentru adaptare într-o bandă largă de frecvenţă se vor descrie dispozitive adecvate în capitolul V, § 4, c.

*CAPITOLUL II*

## PARAMETRII ANTENELOR

### 1. Generalităţi

Antena reprezintă, de fapt, un transformator de energie. Antena de emisie transformă energia curenţilor alternativi, preluată de la circuitul de ieşire al emiţătorului în energia radiaţiilor electromagnetice, respectiv în energie a undelor electromagnetice spaţiale. Antena de recepţie transformă energia undelor electromagnetice captate din spaţiu în energie de radiofrecvenţă, pe care o cedează circuitului de in-

trare al receptorului. În acest mod operația efectuată de antenă este condiționată de două tipuri de energie. Legați de formele de energie arătate apar parametrii antenei, care se împart în două grupe: din prima fac parte parametrii legați de energia curenților de înaltă frecvență: impedanța de intrare, frecvența de rezonanță, caracteristica de frecvență, banda de trecere ș.a.m.d. În a doua grupă sînt cuprinși parametrii condiționați de energia ce se prezintă sub forma radiațiilor electromagnetice. Ei sînt numiți, în general, parametri de radiație, dați de caracteristica de radiație. Dintre ei fac parte: diagrama de directivitate, deschiderea lobului principal, raportul nivelelor lobilor secundari, raportul față-spate, coeficientul de amplificare a cărui denumire consacrată este aceea de cîștig, coeficientul de directivitate, înălțimea efectivă, rezistența de radiație etc.

O serie dintre acești parametri se pot determina în mod experimental. Acești parametri se numesc parametri experimentali primari sau primari simpli. Alții, care nu se pot determina direct, ci se determină pe bază de calcul grafic sau analitic din cei primari cunoscuți, se numesc parametri experimentali secundari sau secundari complecși.

## 2. Parametrii experimentali primari

### a. *Impedanța de intrare*

Dacă se conectează antena la o sursă de tensiune de radiofrecvență, apare în ea un curent. Amplitudinea și faza curentului vor fi diferite în diverse puncte ale antenei. Punctele între care s-a conectat sursa se numesc intrarea antenei.

Raportul între tensiunea sursei introdusă la intrarea antenei și curentul de la intrare se numește impedanța de intrare a antenei și se notează cu $Z_A$. Părțile active și reactive ale acestei impedanțe se notează prin $R_A$ și $X_A$. Variația în funcție de frecvență, respectiv lungimea de undă a acestor mărimi, este prezentată în fig. II.1. Curbele sînt diferite față de cele din fig. I.2, prin aceea că aici se consideră



pierderile care modifică variația prin apariția părții rezistive și a lipsei valorilor infinite ale reactanței.

Se observă din această figură că, după cum se prezintă lungimea antenei față de lungimea de undă, rezistența de intrare poate fi mai mare sau mai mică, la aceasta adău-

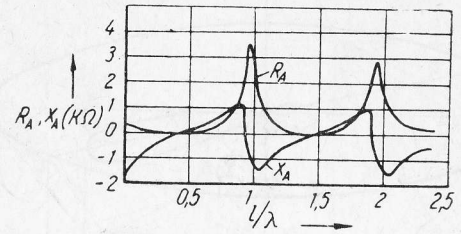



Fig. II.1. Rezistența și reactanța antenei filare la diverse rapoarte $l/\lambda$.

gîndu-se o componentă reactivă, care poate fi inductivă sau capacitivă. Numai pentru lungimi ale antenei egale cu un număr oarecare de sferturi de lungime de undă reactanța la intrare este nulă. De aceste considerații trebuie avut grijă atunci cînd se dimensionează antena.

### b. *Diagrama de directivitate*

Energia radiată de o antenă în spațiu nu se răspîndește în mod egal în întregul spațiu ci, în marea majoritate a cazurilor, se concentrează după anumite direcții.

În fig. II.2 se poate observa o caracteristică spațială de directivitate a unei antene. În această caracteristică s-a reprezentat cîmpul creat de antena respectivă și s-a găsit că se obține un cîmp electromagnetic egal ca valoare de-a lungul volumului delimitat de curba haşurată (secțiunea suprafeței ce închide volumul). Acest volum, de formă cvasielipsoidală, cuprinde energia radiată de antenă.

Pentru o mai bună înțelegere s-au figurat și un sistem de axe rectangulare $x$, $y$, $z$, un plan paralel cu $xoy$ și o serie de direcții. Se observă că se radiază o energie maximă după direcțiile determinate de unghiurile $\theta_0$ și $\varphi_0$ ($B''$ în proiecție),

ca și după o altă direcție, după care cîmpurile create sînt mult mai mici (după $B'$).

Variația cîmpului creat depinde, după cum se observă, de unghiurile $\theta$ și $\varphi$. Funcția $F(\theta, \varphi)$ reprezintă diagrama de directivitate spațială. Valoarea maximă este dată de

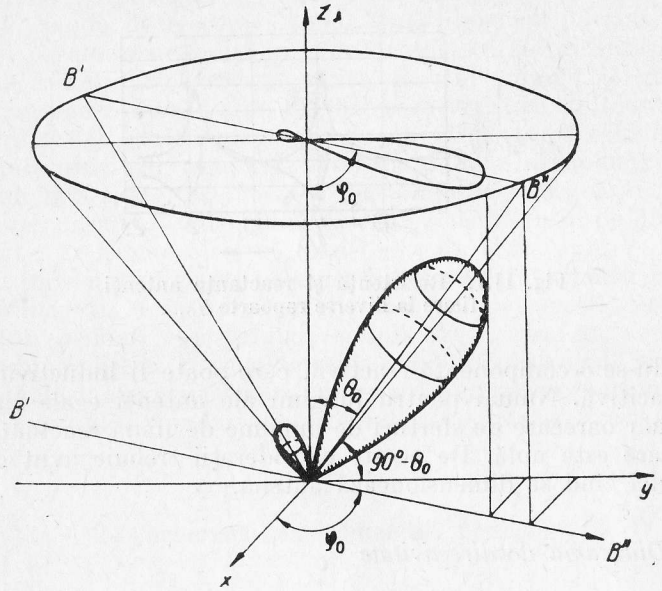



Fig. II.2. Diagrama de directivitate spațială a unei antene.

unghiurile $\theta = \theta_0$ și $\varphi = \varphi_0$. Direcția determinată de aceste unghiuri se numește direcția maximului principal al diagramei sau a caracteristicii de directivitate.

Utilizarea diagramei spațiale este incomodă și din acest motiv se lucrează cu diagrame plane, obținute din diagrama spațială prin proiecția acesteia pe două plane caracteristice, unul orizontal (paralel cu $xoy$ din fig. II.2) și altul vertical.

În aceste condiții funcțiile care dau diagrama de directivitate nu mai depind fiecare decît de un singur unghi. Diagramele care rezultă sînt cele din fig. II.3. Diagrama obținută prin proiecție pe un plan vertical ($zoB''$) se numește diagrama de directivitate în plan vertical (sau meridional)



și se notează cu $F_V(\theta)$ (fig. II.3, *a*) iar cea obținută prin proiecție pe un plan orizontal *(xoy)* se numește diagrama de directivitate în plan orizontal (sau ecuatorial) și se notează cu $F_H(\varphi)$ (fig. II.3, *b*).

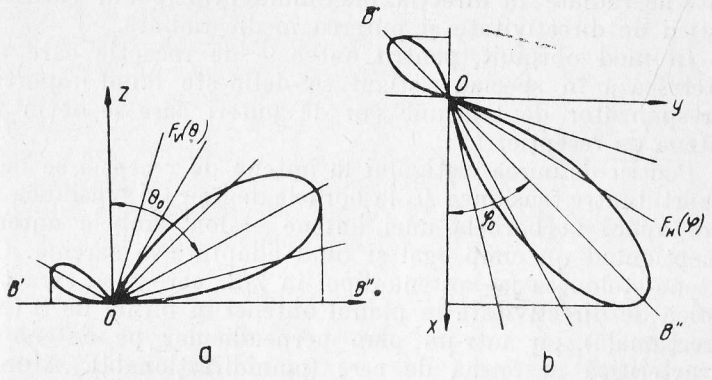



Fig. II.3. Diagramele de directivitate în cele două plane, vertical și orizontal, deduse din diagrama spațială prin proiecție pe cele două plane:

*a* — în plan veritcal; *b* — în plan orizontal.

De obicei, aceste diagrame se normează în sensul că valorile funcțiunilor $F(\varphi)$ sau $F(\theta)$ se raportează la valoarea pe direcția maximului principal $F_{max}$. Se obțin atunci pentru o antenă oarecare niște diagrame, ca cele din fig. II.4.

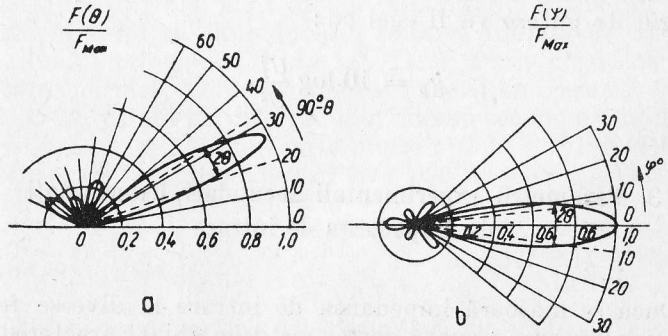



Fig. II.4. Diagramele de directivitate în coordonate polare ale unei antene:

*a* — în plan vertical; *b* — în plan orizontal.

c. *Cîștigul antenei*

Prin cîștigul sau coeficientul de amplificare al antenei $G$ se înțelege raportul între intensitățile cîmpurilor sau între puterile radiate în direcția maximului principal al caracteristicii de directivitate și puterea medie radiată.

În mod obișnuit, pentru antenele de recepție care ne interesează în special, cîștigul se definește luînd raportul corespunzător de tensiuni sau de puteri care se obțin în antena de recepție.

Pentru definirea cîștigului la antena de recepție se face raportul între tensiunea $U_1$ la bornele de ieșire și tensiunea $U$ care apare la bornele unei antene etalon, ambele antene recepționînd un cîmp egal și fiind adaptate la sarcină. Ca antenă-etalon se ia antena-dipol în $\lambda/2$ care are caracteristică de directivitate în planul antenei în formă de 8 (bidirecțională), iar într-un plan perpendicular pe antenă o caracteritică în formă de cerc (omnidirecțională). Atunci cîștigul are expresia:

$$G = \frac{U_1}{U}$$

sau, luat în decibeli;

$$g = 20 \log \frac{U_1}{U}.$$

Dacă în loc de tensiuni se consideră raportul puterilor, cîștigul de putere va fi egal cu:

$$g_p = 10 \log \frac{U_1^2}{U^2}.$$

## 3. Parametrii experimentali secundari determinați de impedanța de intrare

Dacă se măsoară impedanța de intrare la diverse frecvențe se găsește o curbă care constituie chiar caracteristica de frecvență a impedanței de intrare a antenei, care se mai numește și *curba de rezonanță* (fig. II.5).



Alteori, caracteristica de frecvență a antenei (în special în unde lungi și medii) se definește pornind de la raportul puterilor la intrarea antenei în condițiile de rezonanță și la o frecvență oarecare (antena primește în fiecare situație aceeași tensiune la intrare).

*Frecvența de rezonanță* este acea frecvență la care impedanța de intrare este pur rezistivă ($Z_{A0}$), iar *banda de trecere*, care se notează cu $\Delta_f = f_1 - f_2$, este dată de frecvențele $f_1$ și $f_2$, la care modulul impedanței de intrare are o astfel de valoare, încît factorul de undă staționară care s-ar obține pe fiderul ce alimentează antena să nu depășească valoarea 2.

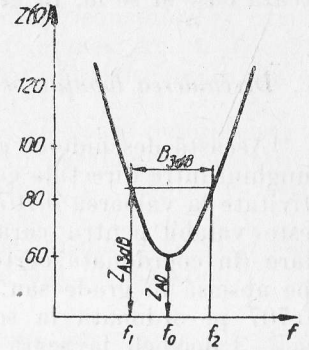



Fig. II.5. Curba de rezonanță a unei antene.

## 4. Parametrii experimentali secundari determinați de diagrama de directivitate

a. *Raportul nivelului lobilor secundari*

Acest raport este dat de intensitatea cîmpului sau puterea radiată în direcția unui maxim secundar ($B'$ în fig. II.2) către intensitatea cîmpului sau puterea radiată pe direcția maximului principal ($B''$ în fig. II.2). Dacă diagrama este trasată normat, atunci valoarea raportului rezultă direct din citirea valorii pe direcția unui maxim secundar (fig. II.4). Acest raport se dă, de foarte multe ori, în decibeli. Pentru antenele de recepție raportul este dat de asemenea în tensiuni, pe direcțiile respective.

b. *Raportul față-spate*

Pentru unele antene, în special cele de unde ultrascurte, este caracteristic raportul dintre intensitatea cîmpului creat sau tensiunea obținută pe direcția maximului principal

către intensitatea cîmpului sau tensiunea obținută pe direcția opusă, unde se găsește, în general, cel mai mare lob secundar. Acest raport se numește raport față-spate, se notează cu $\frac{F}{S}$ și se ia, în general, în decibeli (v. fig. II.4, *b*).

c. *Deschiderea lobului principal*

Această deschidere care se notează cu $2\,\Theta$ este dată de unghiul între direcțiile care intersectează diagrama de directivitate la valoarea 0,707 din valoarea maximă. Acest lucru este valabil pentru caracteristicile date în coordonate polare (în coordonate carteziene se determină prin lungimea pe abscisă în grade sau în radiani corespunzătoare valorilor 0,707 pe ordonată la scara liniară 0,5 la scară pătratică și $-3$ decibeli la scară logaritmică).

d. *Factorul de directivitate*

Prin factorul de directivitate al antenei, $D$, se înțelege raportul puterii radiate în direcția maximului principal și puterea radiată pe celelalte direcții.

Mărimea factorului de directivitate se poate determina la nevoie pe cale grafică din caracteristicile de directivitate, dar nu este o mărime cu care să se lucreze în mod curent.

## 5. Parametrii secundari determinați din cîștig

a. *Randamentul antenei*

Avînd mărimea cîștigului $G$ al antenei și putînd determina, așa cum am arătat, valoarea lui $D$, randamentul se calculează cu expresia:

$$\eta = \frac{G}{D}.$$

Pentru antene de recepție această mărime interesează în mică măsură.



b. *Înălțimea efectivă a antenei*

Înălțimea efectivă a antenei se definește ca înălțimea echivalentă, mai mică decît înălțimea reală a antenei, pe care se presupune distribuția de curent constantă și egală cu valoarea curentului din punctul de alimentare (în general la mijlocul antenei pentru antenele simetrice și la baza antenei pentru antenele nesimetrice).

Înălțimea efectivă a unei antene se poate determina pe bază de calcule, în care intervin doar parametrii geometrici ai antenei și legea de distribuție (care se admite că este sinusoidală) a curentului din antenă.

Pentru cîteva lungimi de antene (dispuse orizontal sau vertical) valorile înălțimilor efective sînt următoarele:

$$h \ll \frac{\lambda}{4}; \qquad h_{ef} = 0{,}5\,h;$$

$$h = \frac{\lambda}{4}; \qquad h_{ef} = 0{,}637\,h \text{ sau } h_{ef} = \frac{\lambda}{2\pi};$$

$$h = \frac{\lambda}{2}; \qquad h_{ef} = 0{,}637\,h \text{ sau } h_{ef} = \frac{\lambda}{\pi},$$

în care $h$ este înălțimea, respectiv lungimea antenei.

La o antenă cu parte orizontală sau cu capacitate terminală, înălțimea (lungimea) efectivă crește.

Pentru antenă de forma unui cadru:

$$h_{ef} = \frac{2\pi NA}{\lambda}\,\mu_r,$$

unde: $N$ este numărul de spire al cadrului;
$A$ — suprafața cadrului;
$\mu_r$ — permeabilitatea relativă a cadrului (în general $\mu_r = 1$).

Această expresie devine în cazul unui cadru circular de rază $R_1$:

$$h_{ef} = \frac{\pi R_1}{10}\,\mu_r.$$

c. *Rezistența de radiație*

Puterea radiată de o antenă se poate scrie ca fiind egală cu :

$$P_\Sigma = R_\Sigma I_{ef}^2,$$

în care $I_{ef}$ este valoarea eficace a curentului în antenă, iar $R_\Sigma$ este rezistența de radiație.

Rezistența de radiație pentru un dipol este dată de expresiile :

$$R_\Sigma = 80\ \pi \left(\frac{h_{ef}}{\lambda}\right)^2 \quad \text{sau} \quad R_\Sigma = 160\ \pi^2 \left(\frac{h_{ef}}{\lambda}\right)^2,$$

după cum dipolul este situat în spațiul liber sau este pus la pămînt.

Se remarcă, deci, că pentru o putere radiată cît mai mare este bine ca antena să aibă o înălțime efectivă cît mai mare. Acest lucru este realizat prin antene, la care se adaugă și parte orizontală.

În legătură cu rezistența de radiație (acestă rezistență fictivă în care se presupune că se disipă puterea radiată) se poate spune că, cu cît este mai mare, se va radia mai

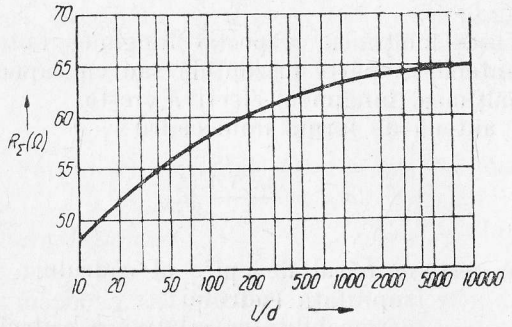



Fig. II.6. Variația rezistenței de radiație a unui dipol în funcție de raportul dintre lungime și diametru.

multă putere (deci se va crea un cîmp mai puternic la recepție) și cu cît este mai mare față de rezistența de pierderi (dată de rezistența conductoarelor antenei și rezistența de



scurgeri prin izolatoare) randamentul antenei va fi mai ridicat. Rezistența de radiație depinde de poziția antenei față de sol, de degajarea spațiului vecin de diverse obiecte și de diametrul conductorului utilizat.

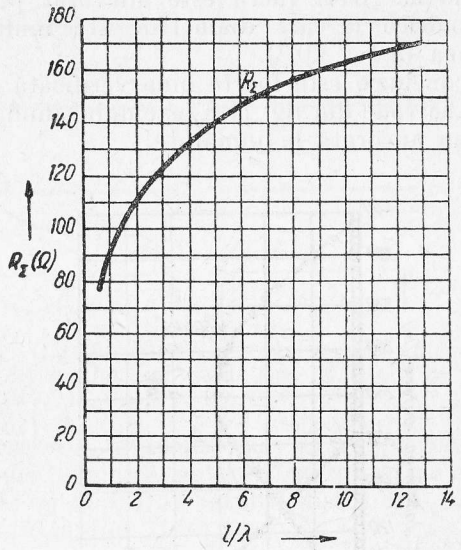



Fig.II.7. Rezistența de radiație la o antenă filară în funcție de lungimea antenei.

Pentru antene-dipol avînd diverse diametre, variația rezistenței de radiație în spațiul liber se arată în fig. II.6.

Dacă antena este de lungime $\frac{\lambda}{4}$, situată vertical, în prezența pămîntului valorile sînt jumătate din cele date în diagramă.

În fig. II.7 se prezintă variația rezistenței de radiație a unei antene filare în funcție de lungimea ei (antena poate lucra pe armonice).

Reducerea rezistenței de radiație este importantă, deoarece la pierderi mici aceasta este rezistența care constituie sarcina fiderului și dictează adaptarea.

## 6. Distribuția curenților și tensiunilor

Tot ceea ce s-a arătat pînă acum presupune cunoscută distribuția de curent în antenă, în speță, fiind o distribuție sinusoidală. Acest lucru este adevărat pentru toate antenele cilindrice la care diametrul este mult mai mic decît lungimea ($d/l < 10^{-1}$).

Această concluzie este foarte bine verificată experimental, așa cum se vede din fig. II.8, exemplul fiind dat pentru o antenă-pilon ancorată la jumătate.

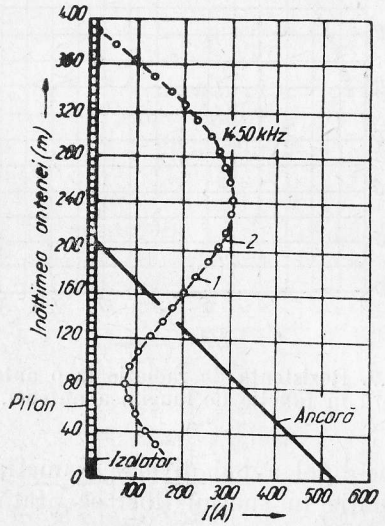



Fig.II.8. Distribuția curentului în antenă:
*1* — experimental: *2* — teoretic.

Aici, comparația rezultatelor experimentale cu curbele distribuției sinusoidale concordă foarte bine.

Antenele care lucrează în unde lungi, medii și scurte satisfac foarte bine la această aproximație.

Totdeauna, pe o astfel de antenă-filară, curentul la capăt trebuie să fie nul, deoarece se știe că o antenă se poate echivala și cu o linie de transmisiune, avînd o lungime cît jumătate din lungimea antenei; ori, la liniile în gol curentul la capătul respectiv trebuie să fie nul.



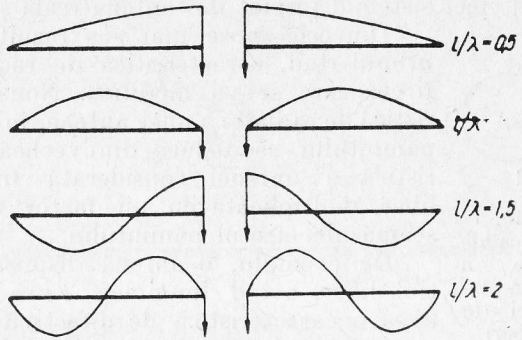



Fig. II.9. Distribuția curentului pe o antenă la diverse lungimi ale antenei în funcție de λ.

Tensiunea este totdeauna în cuadratură cu curentul și, în funcție de lungimea antenei, în raport cu lungimea de undă la care se lucrează, rezultă distribuții de curent așa cum se arată în fig. II.9.

## 7. Influența pămîntului

Pămîntul intervine în distribuția cîmpului în spațiul înconjurător. Influența lui este considerabilă asupra puterii radiate, prin pierderile în pămînt și prin aceea că modifică substanțial proprietățile de directivitate ale antenelor.

În calcule, măsurători și instalarea antenelor trebuie să se țină seamă de prezența lui. Nu este deci normal să se considere lucrurile spuse pînă acum relativ la antene ca adevărate decît atunci cînd antena este situată în spațiul liber, adică izolată de toate obiectele înconjurătoare. Situația aceasta de spațiu liber se realizează numai atunci cînd antena este depărtată față de sol sau față de alte obiecte bune

conducătoare și de suprafață mare (cum ar fi acoperișurile imobilelor) cu cel puțin cîteva lungimi de undă.

Pentru a se vedea influența pămîntului se consideră imaginea antenei reale față de pămînt, acest sistem înlocuind ca efect sistemul format din antena reală și pămînt.

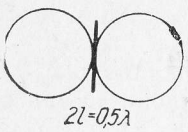



Fig. II.10. Caracteristica de directivitate a unui dipol în planul antenei (în spațiul liber).

Din cele spuse mai sus rezultă că, în primul rînd, caracteristica de radiație va fi cea care se va modifica. Noua caracteristică de radiație a unei antene, în prezența pămîntului, se deduce din vechea caracteristică a antenei considerată în spațiul liber, multiplicată cu un factor care ține seamă de efectul pămîntului.

De exemplu, o antenă dispusă în spațiul liber, avînd lungimea $2\,l = 0{,}5\ \lambda$, va avea o caracteristică de directivitate bidirecțională în planul care conține antena, așa cum se arată în fig. II.10.

Prin plasarea acestei antene la o înălțime $h$ deasupra pămîntului, caracteristica ei de directivitate se modifică ca în fig. II.11, *b*.

Se remarcă o modificare substanțială. De acest efect trebuie să se țină seamă atunci cînd se caută o caracteristică de directivitate care trebuie să aibă direcția maximului principal după un unghi impus. Această situație se întîlnește în unde scurte cînd sîntem interesați să se radieze sau să se recepționeze undele electromagnetice după o direcție, care este impusă de frecvența cu care se lucrează și de ora la care se lucrează (în straturile ionizate din ionosferă, ionizarea variază în funcție de oră. Concentrația de ioni, respectiv starea de ionizare, intervine diferit pentru unele sau pentru altele dintre frecvențele cu care se lucrează și impune, în funcție de traseul stabilit, unghiurile de lucru).

În afară de modificarea caracteristicii de radiație, care apare în ipoteza în care pămîntul este perfect conducător, mai apare în cazul în care nu este valabil acest lucru și o absorbție de putere în pămînt.

Pămîntul poate fi considerat bun conducător de electricitate în domeniul de frecvențe mici, adică în unde lungi



și medii. În unde scurte pămîntul începe să se prezinte ca un dielectric și absorbția de putere crește.

În domeniul frecvențelor foarte înalte diagrama de directivitate a acestor antene, care sînt în general plasate la o

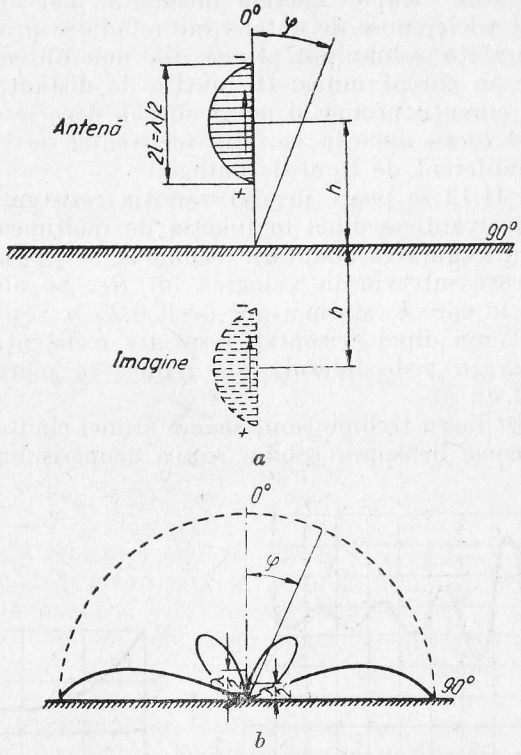



Fig. II.11. Antenă de lungime λ/2 în prezența pămîntului:
*a* — amplasarea antenei față de pămînt; *b* — caracteristica ei de directivitate pentru $h = \lambda/2$.

înălțime mai mare față de pămînt (înălțime care depășește uneori cîteva lungimi de undă) nu mai este modificată de prezența pămîntului. De aceea, caracteristica de directivitate a antenelor care lucrează în domeniul de unde metrice sau chiar la lungimi de undă mai coborîte trebuie să fie de o astfel de formă, încît ceea ce se radiază spre sol să

reprezinte un procent foarte mic din radiația pe direcția maximului principal (care trebuie să fie paralelă cu suprafața pămîntului).

Pentru situații în care solul nu este perfect dielectric ca să absoarbă complet energia incidentă, mai apare încă un efect. Undele emise de antenă întorcîndu-se prin reflexie de la suprafața solului pot atinge din nou antena și dau naștere la un curent indus. În funcție de distanța antenei la pămînt curenții primar și indus sînt în diverse relații de fază. Acest lucru duce la variația rezistenței de radiație a antenei, indiferent de tipul de antenă.

În fig. II.12 se poate urmări variația rezistenței de radiație a unei antene dipol în funcția de înălțimea față de sol. Pentru asigurarea adaptării trebuie să se țină seamă de abaterile care intervin în valoarea lui $R_\Sigma$. Se observă că în situații în care $h$ este mai mic decît 0,25 $\lambda$, rezistența de radiație a unui dipol orizontal, respectiv rezistența de sarcină pe care o vede fiderul, este redusă în mare măsură (fig. II.12, *a*).

De acest lucru trebuie ținut seamă atunci cînd se amplasează antenele deasupra solului sau a acoperișului.

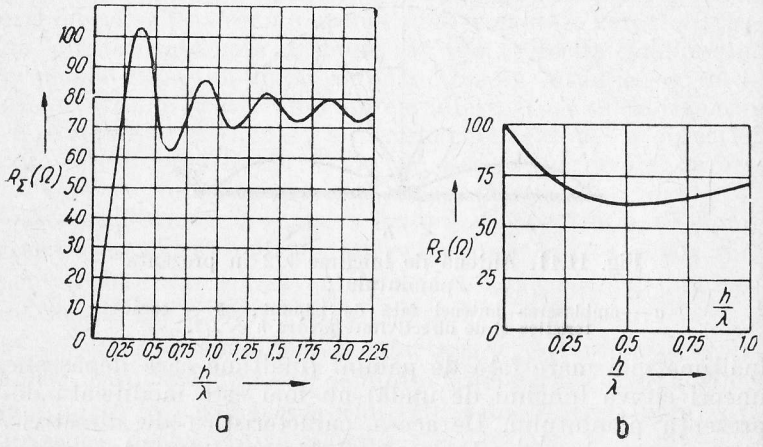



Fig. II.12. Variația rezistenței de radiație a unei antene dipol în funcție de înălțimea față de sol:
*a* — antena plasată orizontal; *b* — antena plasată vertical.



Un alt factor care intervine, ca urmare a prezenței pămîntului, este dat de pierderile în pămînt și în instalațiile anexe ale antenei. Pierderile esențiale însă sînt cele date de existența unui pămînt, așa-numit prost. Într-unul dintre capitolele următoare se vor da detalii privitoare la realizarea unor prize de pămînt avînd rezistență mică, care să asigure o punere la pămînt bună; pierderile sînt în acest caz mici, rezultînd o valoare mai mare pentru raportul dintre rezistența de radiație și cea de pierderi, ceea ce conduce la un randament ridicat.

*CAPITOLUL III*

# ANTENE PENTRU UNDE LUNGI ȘI MEDII

## 1. Generalități

Pentru a realiza o calitate bună la recepție, în domeniul de unde lungi și medii sau, în anumite situații, chiar pentru a fi posibilă recepția, este necesar ca antena să fie construită sub forma unei antene propriu-zise, montată în exteriorul clădirii în care se face recepția. În cazul recepționării posturilor locale ea nu reprezintă decît un fir de diverse lungimi, orientat oricum în încăperea în care este dispus receptorul. În acest caz însă recepția este foarte expusă diverselor forme de perturbații.

Criteriile generale de alegere a antenelor pentru unde lungi și medii sînt expuse în continuare.

— Antena trebuie să fie de înălțime efectivă cît mai mare, pentru că tensiunea care se obține la bornele ei este direct proporțională cu valoarea acestei înălțimi efective (așa cum s-a arătat în capitolul anterior).

Pentru a determina concret valoarea acestei înălțimi trebuie să se țină seamă și de impedanța internă sau, cum se mai numește, impedanța antenei. Aceasta din urmă de-

pinde de lungimea de undă la care se lucrează și valoarea ei este cu atît mai mare, cu cît frecvența este mai joasă.

La o înălțime efectivă dată apare o anumită tensiune la bornele antenei. Dar tensiunea la intrarea receptorului, care este tensiunea utilă propriu-zisă, depinde și de impedanța antenei și de impedanța de intrare în receptor. În raport deci, cu variația frecvenței, tensiunea la intrarea receptorului este de circa 80% din tensiunea care apare în antenă în banda de unde medii și de numai circa 30% în banda de unde lungi. Prin urmare, pentru unde lungi înălțimea efectivă a antenelor trebuie să fie mai mare, pentru a realiza o tensiune indusă în antenă mai mare și deci o tensiune mai mare la intrarea receptorului. Pentru a realiza înălțimea efectivă mare, trebuie realizate antene de înălțime geometrică mare sau antene la care se obține o sporire a înălțimii efective pe baza unei părți orizontale mari. Aceasta se realizează, la rîndul ei, prin sporirea capacității la capătul antenei pe baza utilizării unor conductoare (capacitate distribuită) sau cu diverse construcții care adaugă o capacitate aproximativ concentrată așa cum se va arăta în fig. III.4. Tot pentru o înălțime efectivă sporită este nevoie să se realizeze o bună degajare. Pentru aceasta se înțelege îndepărtarea antenei de toate obiectele înconjurătoare care pot modifica cîmpul la locul de recepție.

— Orientarea antenei trebuie să țină seamă de polarizarea cîmpului la locul de recepție. Această polarizare depinde de modul cum a fost radiată unda, respectiv de orientarea antenei de emisie. Dacă, de exemplu, antena de emisie este verticală (și așa stau lucrurile în marea majoritate a cazurilor), unda este radiată astfel, încît componenta electrică a cîmpului electromagnetic este orientată vertical. Se zice că polarizarea undelor, dacă ne referim numai la componenta electrică, este verticală. Dacă antena de emisie este orizontală, undele sînt radiate cu polarizare orizontală.

Se știe că undele radiate dau loc la o undă de sol care se propagă la suprafața pămîntului și care se atenuează cu distanța și la o undă spațială care, după reflexia suferită în straturile ionizate din ionosferă, ajunge din nou la sol. Ambele unde în propagare suferă o modificare a polarizării. De aceea, orientarea antenei trebuie să corespundă cu



direcția de polarizare a undelor. În apropierea emițătoarelor, pînă la 100 km, sau mai mult în unde medii, și chiar pînă la 1 000 km în unde lungi (limite în care cîmpul depășește valoarea de 1 mV/m și constituie zona primară de serviciu a emițătoarelor), cea mai bună antenă va fi o antenă verticală. Acest lucru se bazează pe faptul că unda de suprafață suferă o înclinare a vectorului cîmp electric față de verticală de valoare destul de mică. Este adevărat că această schimbare de polarizare face să apară și o componentă orizontală, dar valoarea ei este mult mai mică decît cea verticală. De aceea, în această zonă o antenă verticală este superioară, deoarece va capta o energie mai mare.

Pentru distanțe mari de la emițător, după ce unda de suprafață s-a atenuat mult, recepția nu se mai poate face decît pe baza undei spațiale reflectate de ionosferă, atenuată și ea, este drept, însă în măsură mult mai mică. Problema recepției în zona în care unda de suprafață nu s-a atenuat încă complet și sosește și unda reflectată nu se discută, deoarece în această zonă, din cauza existenței unor unde ce sosesc pe drumuri de lungimi diferite, apar interferențe care dau naștere la distorsiuni în recepție și, în general, nu se poate asigura o recepție stabilă. În această zonă, denumită, în general, zonă secundară de serviciu a emițătorului, undele care sosesc suferă modificări importante în ceea ce privește polarizarea. Aceste modificări depind de caracteristicile întregului traseu de propagare și de distanță și este foarte greu să se spună exact în fiecare loc care este raportul între componenta verticala și orizontală a cîmpului. Deoarece este greu să se construiască antene verticale de înălțime geometrică mare (în orice caz, pentru recepția obișnuită acest lucru nu este economic) se preferă antene de construcție orizontală, cu un fir de coborîre pînă la receptor (sau altfel privind lucrurile, o antenă verticală unifilară la care însă se adaugă o capacitate terminală realizată dintr-un conductor orizontal de cîteva ori mai mare decît partea verticală).

Atît antenele de unde lungi cît și antenele de unde medii nu se pot acorda pentru că, pe de o parte dificultățile constructive implică utilizarea unor antene care sînt de dimensiuni mult mai mici decît lungimea de undă și pe de altă

parte introducerea unor elemente suplimentare de acord la baza antenei, respectiv la intrarea receptorului ar produce alte dificultăți.

— Un alt criteriu în alegere și instalare este acela de a dispune antenele la înălțime mare față de imobile. Acest lucru este dictat de faptul că, cu cît ne aflăm la un nivel inferior al unei clădiri, cîmpul scade față de cîmpul existent deasupra clădirii. La fel, cîmpul se atenuează și cînd ne apropiem de diverse imobile (fig. III.1). De aceea o bună antenă de recepție ar trebui realizată în mod ideal, înălțată suficient de la sol și la o distanță de cîțiva zeci de metri de clădire. Acest lucru însă nu este, în general, posibil decît în mediul rural și în condiții speciale. Pentru a se acoperi aceste pierderi care intervin, receptoarele se construiesc cu o sensibilitate ridicată. Deoarece la valori de cîmp mici la intrare zgomotul propriu al receptorului poate înrăutăți recepția, receptorul trebuie să aibă atît o sensibilitate bună cît și un raport semnal/zgomot bun.

În afară de aceasta, pentru asigurarea unei recepții de bună calitate, antena și legătura ei cu receptorul trebuie alese și construite astfel, încît perturbațiile să influențeze cît mai puțin recepția. Cele mai supărătoare sînt perturbațiile cu caracter industrial, foarte frecvente în mediul urban. Din măsurătorile efectuate s-a constatat că perturbațiile industriale dau în orașe un cîmp parazit care este, în general, distribuit la sol în mod continuu. Valorile mari de cîmp perturbator sînt concentrate numai pînă la o înălțime de 30—40 m deasupra solului. Pentru a feri receptorul de aceste perturbații industriale, antena trebuie înălțată, în primul rînd, cît mai mult de la sol. În al doilea rînd, cablul de legătură al antenei cu receptorul trebuie izolat (ecranat) față de cîmpul electromagnetic datorit paraziților. Pentru situația în care se folosesc antene de cameră este bine ca sursele de paraziți să fie ecranate.

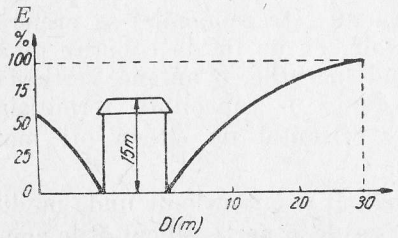



Fig. III.1. Variația cîmpului $E$ în vecinătatea imobilelor în funcție de distanță.



Prin sursă de paraziți se înțelege, în primul rînd, sursa primară care-i produce efectiv, de la care cîmpul perturbator se propagă direct (un motor electric, un generator de RF industrial etc.). În același timp, un conductor oarecare, care este legat cu sursa de perturbație și care sosește pînă în încăperea în care se face recepția, poate introduce în încăpere perturbații. Acesta este cazul conductoarelor rețelei de alimentare electrică. Pentru eliminarea perturbațiilor, în acest caz, se introduc filtre pe conductoarele de rețea la locul de conectare a aparatului de recepție — pentru ca cordonul liber în încăpere să nu mai poată radia cîmp perturbator (care să fie captat de antena interioară de recepție).

## 2. Antene verticale

Antenele verticale se pot realiza sub formă unei vergele metalice verticale plasate pe acoperișul clădirii și legată prin niște centuri metalice (fig. III.2). Dacă partea suportului are lungime mai mare, antenele se montează prin ancore (fig. VII.2).

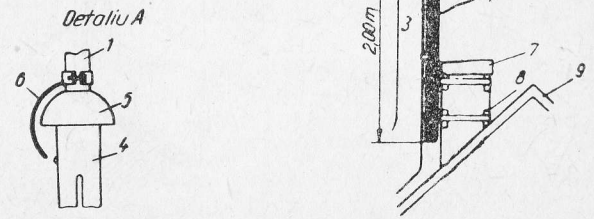



Fig. III.2. Antenă din bară tubulară pentru unde lungi și medii: *1* — tijă metalică; *2* — cablu de coborîre; *3* — paratrăsnet; *4* — suport metalic; *5* — izolator; *6* — eclator; *7* — coș; *8* — centură de fixare; *9* — acoperiș.

O antenă verticală tot sub forma de vergea se poate fixa și pe tocul ferestrei (fig. III.3).

Dacă nu se dorește instalarea unei antene de înălțime prea mare, se construiește partea verticală utilă, dintr-un grup de conductoare metalice rigide, realizate ca în fig. III.4.

Acest lucru realizează o capacitate terminală care lungește antena. În cazul fig. III.4, coborîrea se poate face cu cablu ecranat. Dacă se dorește înălțime mai mare, atunci porțiunea verticală se lungește și se face din metal. Acesta se secționează față de suport cu un izolator, ca în fig. III.5 și, evident, cablul respectiv se va lega deasupra izolatorului.

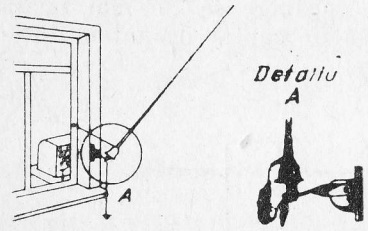



Fig. III.3. Antenă din bară tubulară pentru unde lungi și unde medii montată la fereastra imobilului.

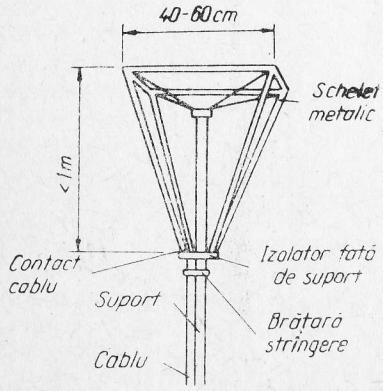



Fig. III.4. Antene cu capacitate terminală.

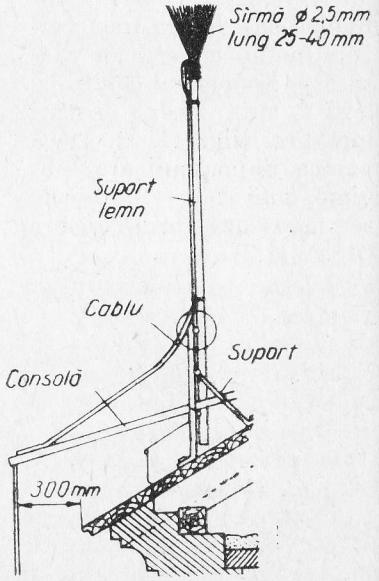



Fig. III.5. Antene pentru unde medii, lungi și scurte, instalate pe o clădire cu acoperiș din lemn.



## 3. Antene orizontale

Antenele orizontale se construiesc cu lungimea de 10—15 m. Dacă ele sînt situate la o înălțime suficient de mare se poate realiza o înălțime efectivă de cîțiva metri. Firul de coborîre, care este recomandabil să fie făcut din același conductor cu partea orizontală, poate pleca de la un

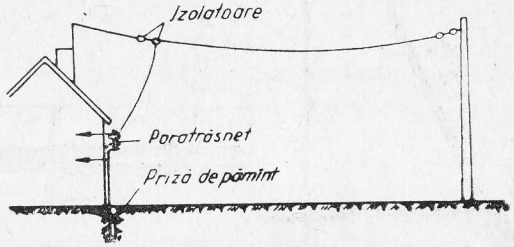



Fig. III.6. Antenă orizontală realizată din liță de antenă.

capăt al antenei sau de la centrul ei. În primul caz este vorba de o antenă în Γ și în cel de-al doilea caz, de o antenă în T.

Un mod de realizare a antenei este prezentat în fig. III.6.

Pentru a putea realiza o ridicare și o coborîre a firului este bine ca izolatoarele de la capătul antenei să se lege de stîlpul de susținere prin intermediul unui scripete.

Evident, că în locul stîlpului se poate utiliza trunchiul unui arbore sau una dintre ramuri, așa cum se arată în fig. III.7.

În multe cazuri se lucrează în situația în care sîrma de legătură ce trece prin scripete nu se fixează rigid ci prin intermediul unui mic tambur pe care se înfășoară această sîrmă de lungime mai mare decît cea necesară, pentru a avea rezerva utilă asigurării coborîrii antenei. În multe cazuri, însă, unul dintre capete este legat printr-o contragreutate (cazul nostru) pentru a preîntîmpina solicitarea antenei la vînt, chiciură etc. (v. fig. III.7). Evident

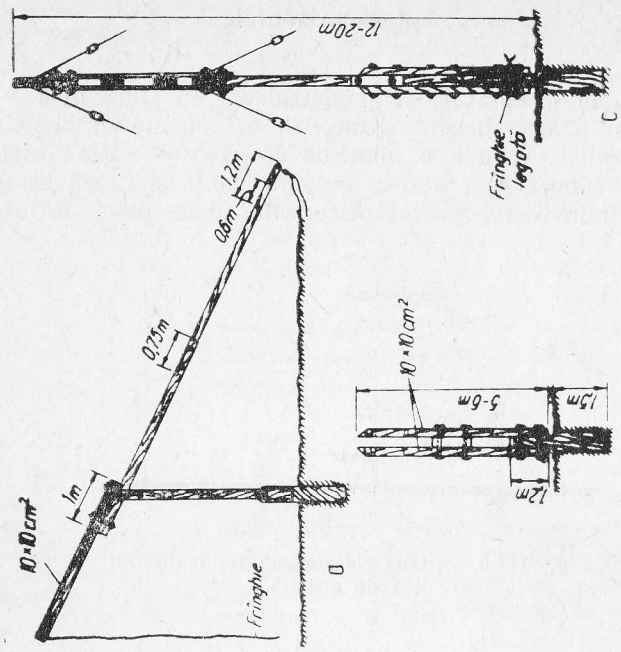



Fig. III.8. Stîlp articulat, ca suport de antenă:
*a* — stîlp montat cu partea superioară coborîtă la sol; *b* — furca inferioară cu fixarea în pămînt; *c* — vedere de ansamblu.

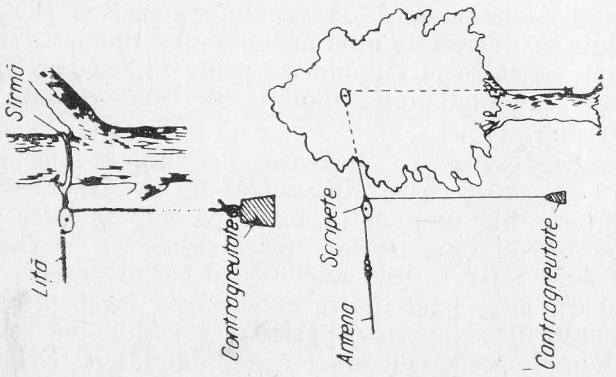



Fig. III.7. Utilizarea unei contragreutăți la un capăt al antenei pentru evitarea solicitărilor mecanice distructive.

că nu este obligatoriu ca unul dintre punctele de prindere să fie asigurat de un suport legat de imobil. Ambele suporturi se pot face din stîlpi sau pomi. În fig. III.8 se reprezintă un stîlp de o construcție ceva mai complicată care, dacă este bine ancorat, poate ajunge la o lungime de 15—20 m.

Acest stîlp-suport prezintă avantajul că poate permite o coborîre foarte ușoară a antenei, întrucît prezintă o articulație.

## 4. Antene antiparazite

Pentru reducerea efectelor perturbațiilor, în locul unei coborîri realizate cu un cablu simplu (conductor cu izolație din material plastic sau cauciuc) se utilizează cabluri cu un ecran. Dezavantajul acestor cabluri este că în domeniul de frecvențe pentru care lungimea lor este mult mai mică decît lungimea de undă (cînd se comportă ca o capacitate), dau loc la o divizare a tensiunii induse în antenă, astfel că la receptor nu mai ajunge decît o parte din această tensiune (divizarea se produce între capacitatea antenei și capacitatea cablului pus prin rezistența de pierderi la masă).

Pentru a se evita acest lucru se folosesc transformatoare, atît la legarea cablului cu antena, cît și la legarea cablului cu receptorul.

Schema unei astfel de instalații, în cazul cînd se lucrează cu cablu coaxial, este prezentată în fig. III.9.

Pentru situația în care se folosește cablul simetric, schema este dată în fig. III.10.

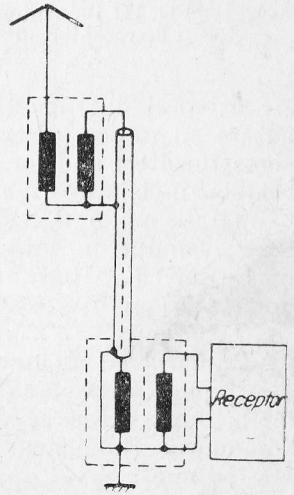



Fig. III.9. Antenă antiparazită. Schema coborîrii la receptor, în cazul utilizării cablului coaxial.

În primul caz, raportul de transformare la antenă este coborîtor pînă la valoarea 10 : 1, iar la receptor ridicător, de obicei, 1 : 5. La utilizarea antenei cu coborîre bifilară, pentru diminuarea influenței perturbațiilor, la fiecare 1,5 m conductoarele se încrucișează pe niște plăcuțe de ebonită, pertinax sau lemn îmbibat în parafină.

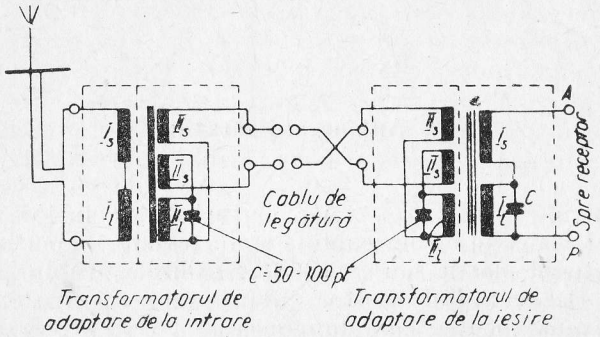



Fig. III.10. Antenă antiparazită. Schema coborîrii la receptor în cazul utilizării cablului bifilar.

Sistemul din fig. III.10 are două rînduri de bobinaje, notate cu indicii $s$ corespunzători undelor scurte și cu $l$, corespunzători undelor medii și lungi. Datele lui sînt următoarele : înfășurarea $I_s$ are 40 spire din conductor de CuEm + + mătase cu $\phi$ 0,2 mm ; înfășurarea $II_s$ are 10 spire din același conductor ; înfășurarea $I_l$ are 400 spire din conductor de CuEm cu $\phi$ 0,8 mm ; înfășurarea $II_l$ are 140 spire din două secțiuni a cîte 70 spire din conductor de CuEm cu $\phi$ 0,08 mm.

Primarul cu un număr mai mare de spire se bobinează direct pe o mică carcasă de cca. 10 mm diametru (sau mai mic) ; după aceea se pune un ecran și apoi se bobinează secundarul (lungimea carcasei nu trebuie să depășească 40—50 mm).

Valorile sînt date pentru a realiza adaptarea cu un fider avînd impedanța de circa 280 Ω. Transformatoarele trebuie bobinate pe carcase avînd miezuri obișnuite de ferită, pentru a realiza dimensiuni mici ale transformatorului.



Atît carcasele cît și miezurile pot fi alese dintre cele utilizate în receptoarele de radio în circuitul de intrare pentru UM și US. Bobinajele se realizează separat pentru unde lungi și unde scurte și capetele lor se leagă așa cum se vede în figură. Pentru ecranarea transformatoarelor se poate folosi o carcasă de condensator electrolitic sau un tub asemănător.

Se recomandă ca între primarul și secundarul bobinelor să se realizeze un mic ecran electrostatic, dintr-o foiță subțire de alamă sau de staniol, lipită de o foiță de carton.

Un alt mod de a se realiza antene de recepție, care să fie puțin sensibile la acțiunea perturbațiilor, este acela de a folosi o antenă verticală și o contragreutate complet izolată față de acoperiș (fig. III.11). Legătura lor cu receptorul se face printr-un cablu ecranat. Pentru ca antena să fie protejată față de perturbațiile din interiorul unui imobil, învelitoarea metalică a cablului trebuie legată la pămînt și bineînțeles, nu se va folosi drept pămînt pentru receptor învelitoarea imobilului. Contragreutatea respectivă se realizează dintr-o serie de conductoare dispuse la o oarecare distanță față de acoperiș și izolate din punct de vedere electric de acesta.

Lungimea conductoarelor contragreutății trebuie să fie cuprinsă între 0,5 și 1,5 din înălțimea antenei, iar dacă

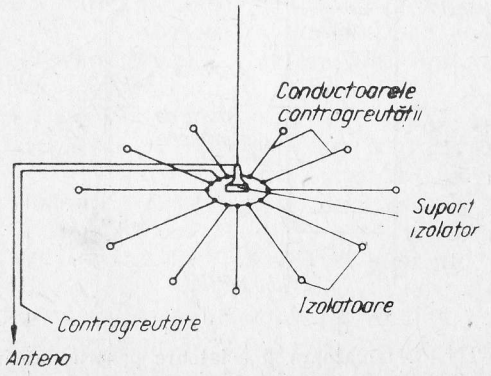



Fig. III.11. Antenă și contragreutate. Instalare schematică.

antena are și o parte orizontală lungimea acestor conductoare trebuie să treacă pe sub întreaga antenă. O astfel de instalație nu este neapărat obligatoriu să se construiască

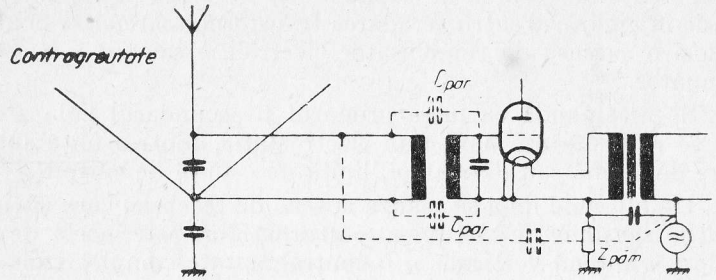



Fig. III.12. Schema de conectare a unei antene cu contragreutate la circuitul de intrare al unui receptor.

pe acoperiș. Schema de conectare a unei astfel de antene este prezentată în fig. III.12.

Capacitatea contragreutății șuntează capacitatea parazită dintre sursa de paraziți și intrarea receptorului. Deci este bine să se realizeze o capacitate a antenei față de

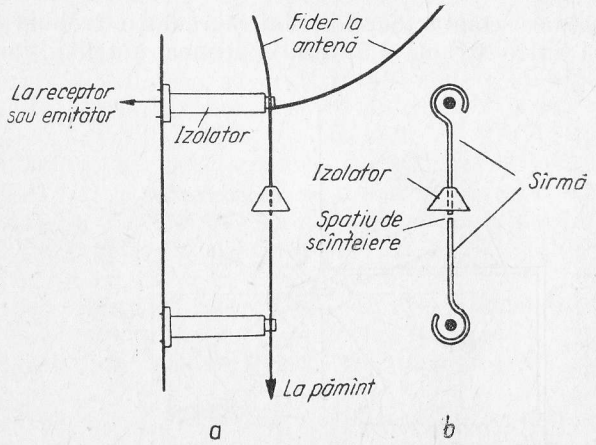



Fig. III.13. Izolatoare și eclatoare pentru descărcări atmosferice:
*a* — vedere din față; *b* — vedere laterală.



pămînt cît mai mică și a contragreutății față de pămînt cît mai mare.

Toate antenele trebuie să fie prevăzute cu dispozitive care să asigure protecția împotriva descărcărilor atmosferice. Protecția se asigură printr-un eclator care pune coborîrea antenei la pămînt atunci cînd apar supratensiuni din cauza descărcărilor atmosferice. Aceste eclatoare se conectează la fider, așa cum se arată în fig. III.13.

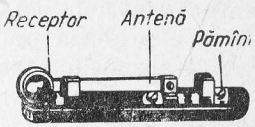



Fig. III.14. Comutator antenă-pămînt cu eclator.

Pentru antenele obișnuite de recepție este bine să fie prevăzut și un comutator cu ajutorul căruia să se poată face punerea completă la pămînt, atunci cînd atmosfera este încărcată, cînd pe antenă poate avea loc o descărcare puternică, directă. Acest lucru este necesar deoarece eclatorul pe care-l are comutatorul (fig. III. 14) asigură numai descărcarea la masă a sarcinilor acumulate de antenă, pentru o tensiune la bornele eclatorului mai mare de cîteva sute de volți.

Coborîrea la pămînt se leagă împreună cu suportul antenei, borna de pămînt a receptorului, cămașa exterioară a cablului ecranat (dacă se folosește pentru coborîre cablu ecranat) și cu paratrăsnetul clădirii, dacă există, la o priză de pămînt (v. Cap. VII).

*CAPITOLUL IV*

## ANTENE PENTRU UNDE SCURTE

### 1. Generalități

În unde scurte se folosesc antene la care nu mai interesează atît problema polarizării, deoarece problema recepției în unde scurte intervine, în general, numai pentru distanțe mari de la emițător, adică în zona secundară de serviciu a acestuia.

Ceea ce interesează este însă o caracteristică de radiație adecvată, transmiterea energiei pînă la antenă — dacă antena se utilizează în regim de emisie — și posibilitatea de schimbare a direcției pe care se obține maximul caracteristicii de directivitate. Importantă mai este și amplasarea antenei față de sol, deoarece transmisiunea în unde scurte se face pe baza undei reflectate și pentru asigurarea unei radiotransmisiuni între două puncte de pe glob, unghiul sub care se radiază puterea maximă va rezulta de o valoare sau de alta.

În probleme de recepție obișnuită, de radiodifuziune, antenele pentru unde scurte nu diferă față de cele de unde lungi și medii care au fost prezentate în capitolul precedent. Cînd se dorește să se asigure recepționarea permanentă a unuia sau a cîteva posturi, se fac antene de construcție specială. Acestea trebuie să aibă o caracteristică de directivitate îndreptată cu axul caracteristicii din planul orizontal către direcția posturilor de emisie interesante de recepționat și cu caracteristica de directivitate în planul vertical avînd axul după direcția determinată în funcție de distanța la excitator și de frecvența de lucru a emițătorului (în funcție de această frecvență, reflexia are loc la diverse înălțimi, respectiv în diverse straturi din ionosferă). În situații de acest gen, însă, instalațiile speciale nu au prea mare sens, deoarece stațiile de emisie de radiodifuziune radiază puteri mari și la locul de recepție ajung, în general, valori de cîmp suficiente pentru a putea asigura o recepție satisfăcătoare cu antene asemănătoare celor amintite. Cu atît mai mult nu sînt interesante de realizat instalații mai complicate întrucît, în funcție de ora din zi sau noapte la care se dorește recepția, frecvențele utilizate sînt diferite. Acest lucru se datorește faptului că înălțimea stratului ionizat în care are loc reflexia undelor scurte nu este aceeași în decursul a 24 de ore. Stațiile de radiodifuziune, însă, transmit aceleași programe pe aproape toate benzile din domeniul undelor scurte. Dacă receptorul este acordat pe frecvența corespunzătoare la ora respectivă (benzile de 31, 41, 49 m în cursul nopții — benzile de 13, 16, 19, 25 m în cursul zilei), se poate obține o recepție satisfăcătoare.



Pentru realizarea antenelor acordate pe diferite frecvențe între cablul de alimentare și receptor trebuie utilizate circuite, acordabile pe frecvența respectivă, dar aceasta ar da complicații inutile. Mai curînd, pentru antene de recepție obișnuite, din domeniul undelor scurte interesează să se realizeze o protecție bună în legătură cu perturbațiile industriale.

Se poate utiliza pentru aceasta unul din modelele prezentate în capitolul precedent.

Ținînd seamă de considerațiile de mai sus, se recomandă posesorilor de receptoare de radiodifuziune, care urmăresc doar aceste programe, antene simple orizontale sau verticale, de tipul celor deja descrise. În privința precauțiilor de luat la instalare și protecție sînt valabile aceleași sfaturi.

În comunicațiile de radioamatori problema se pune însă altfel. În primul rînd, în afară de recepție, corespondența între doi radioamatori presupune, dacă este bilaterală, și emisie. Emițătoarele pe care pot să și le construiască radioamatorii nu sînt de puteri prea mari și distanțele la care se dorește stabilirea unei radiolegături pot fi oricît de mari. De aceea, este foarte util ca puterea obținută în circuitul de ieșire al emițătorului să poată fi radiată în întregime în spațiu. Acest lucru presupune existența unor adaptări foarte bine făcute între circuitul de ieșire al emițătorului și fider ca și între fider și antenă. De asemenea, apare necesitatea radierii puterii după direcții date, atît în planul orizontal cît și în plan vertical. Aceasta este valabil chiar și pentru antenele de recepție utilizate de radioamatori. Dacă radioamatorul nu se mulțumește să lucreze într-o singură bandă de frecvență, el trebuie să dispună de diverse elemente de acord, de mai multe antene, de antene care să lucreze în mai multe benzi din cadrul gamei de unde scurte sau de antene cu orientare reglabilă, dacă se pune problema lucrului după direcții diferite. În cele ce urmează se vor prezenta unele antene tipice, folosite în emisia de radioamatori în special, dîndu-se unele detalii de dimensionare, construcție și de reglaj. Nu se vor include tipurile mai puțin obișnuite sau cele foarte complicate.

## 2. Antene de emisie și recepție pentru radioamatori

### a. *Antena în λ/2, orizontală*

Caracteristica de radiație în planul orizontal a dipolului în λ/2 este prezentată în fig. IV.1.

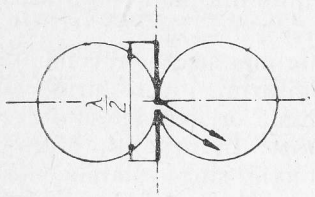


Fig. IV.1. Caracteristica de directivitate a unei antene orizontale de lungime λ/2 în plan orizontal.

Caracteristica de radiație în plan vertical este prezentată în fig. IV.2.

Se observă pe figură modificarea importantă pe care o introduce înălțimea diferită la care este plasată antena deasupra solului.

Înălțimea antenei de la sol, care determină unghiurile după care sînt îndreptați lobii principali, se alege în funcție de banda de frecvență în care se lucrează. Unghiurile recomandate sînt pentru banda de 7 MHz, 30°, pentru banda de 14 MHz, 15° și pentru banda de 28 MHz, 9°.

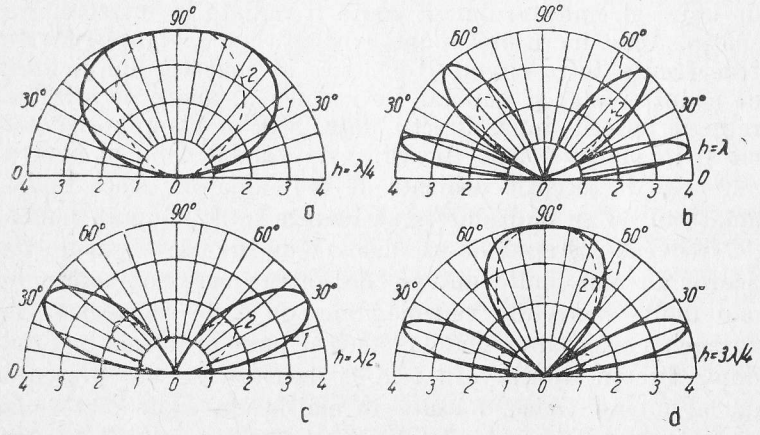



Fig. IV.2. Caracteristica de directivitate a unei antene de lungime λ/2 în plan vertical, situată la diverse înălțimi față de sol:
*a* — $h = \lambda/4$; *b* — $h = \lambda$; *c* — $h = \lambda/2$; *d* — $h = 3\lambda/4$; *1* — antenă dispusă orizontal; *2* — antenă dispusă vertical.



Dacă în plan orizontal se dorește o caracteristică omnidirecțională pentru a putea stabili radiolegături în orice direcție, antena se plasează vertical. Antena dipol poate fi formată dintr-un singur conductor sau din mai multe conductoare (fig. IV.15, *b* și *d*). Antena formată dintr-un singur conductor are o impedanță la intrare de aproximativ 73 Ω.

Pentru a fi acordată, antena trebuie scurtată, deoarece din cauza capacităților terminale lungimea ei electrică ar fi mai mare decît cea reală. Scurtarea respectivă $\Delta l$ se obține din diagramele date în fig. IV.3, în funcție de ra-

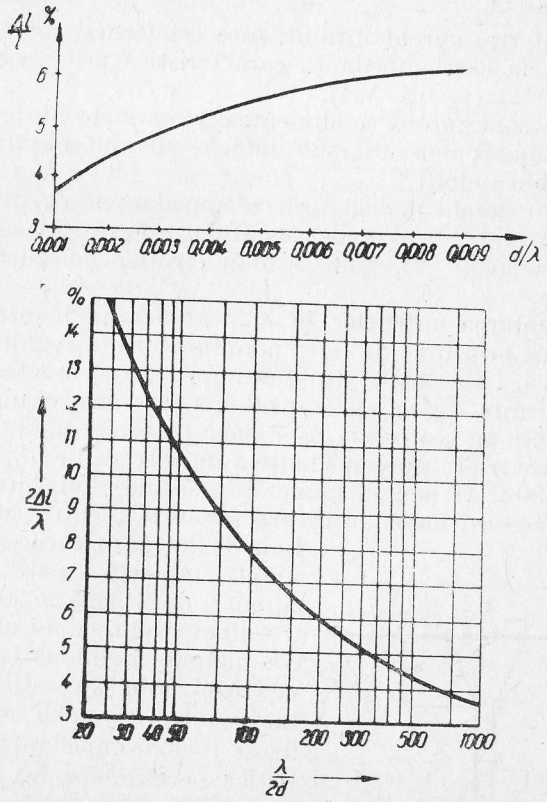



Fig. IV.3. Factorul de scurtare al unei antene subțiri în funcție de raportul dintre diametru și lungime în două reprezentări.

portul dintre diametrul conductorului antenei și lungimea de undă sau de inversul acestui raport.

Pentru diametre egale ale conductoarelor care alcătuiesc antena, impedanța de intrare crește față de 73 Ω prin multiplicare cu $N^2$, $N$ fiind numărul de conductoare din care se realizează dipolul (v. fig. V.2 și V.4).

Pentru cazul cînd antena este formată din două conductoare, se întrerupe unul la bornele căruia se face alimentarea și tipul de antenă este cunoscut, în general, sub numele de dipol îndoit, care are impedanța egală cu aproximativ 300 Ω.

Un alt tip, curent întîlnit, este cel format din trei conductoare, la care impedanța caracteristică are o valoare de circa 650 Ω (v. fig. V.4).

La această antenă se alimentează conductorul din mijloc, antena fiind cunoscută sub numele de antenă tripol sau dipol dublu îndoit.

Pentru detalii în legătură cu impedanțele de intrare ale antenelor în $\lambda/2$ a se vedea capitolul referitor la antene de televiziune (cap. V), unde se dau formule de calcul și nomograme.

**Alimentarea antenelor în $\lambda/2$.** Alimentarea antenelor se poate face prin linie de fider care lucrează în regim de undă progresivă. În această situație impedanța caracteristică a fiderului este egală cu impedanța de intrare în antenă. Acest lucru se realizează ușor dacă se alege dipolul simplu, dublu sau triplu cu impedanțele de intrare de 73, 300 respectiv 650 Ω și pentru alimentare se aleg linii bifilare care să aibă aceeași impedanță caracteristică. Pentru situația cu linie de 300 Ω lucrurile sînt foarte simple întrucît există în mod curent linie bifilară de 300 Ω. Pentru dipol triplu se pot alege două conductoare de un astfel de diametru și avînd o astfel de distanță între ele încît să se realizeze tocmai impedanța caracteristică necesară (v. fig. I.14).

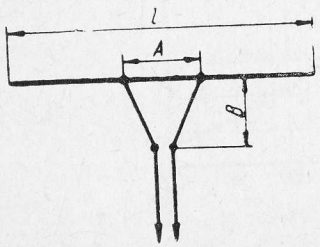


Fig. IV. 4. Dispozitiv de adaptare Δ.

Întrucît o linie bifilară de 75 Ω nu este comod de confecționat



din conductoare obișnuite, se utilizează un dispozitiv de adaptare care poate fi de forma din fig. IV.4, numit dispozitiv Δ (DELTA).

În aceste condiții dipolul nu se mai face deschis la mijloc.

Pentru înțelegerea funcționării acestui dispozitiv se observă din fig. IV.5 că lucrurile se prezintă ca și cînd am avea conectate în paralel în punctele $a$ și $c$ două linii de lungime totală $\lambda/4$, una fiind în gol la un capăt și alta în scurtcircuit.

Una din linii se comportă inductiv, iar alta capacitiv, ambele fiind mai scurte decît $\lambda/4$. În punctele $a-c$ lucrurile se prezintă ca și cum am avea o inductanță în paralel cu o capacitate care la rezonanță sînt echivalente cu o impedanță avînd numai componentă rezistivă de valoare cu atît mai mare, cu cît punctele $a$ și $c$ sînt mai apropiate de capătul antenei (pentru adaptare cu o linie avînd $Z_0$ mare, $A$ va fi mare). Formulele[1]) de calcul pentru $A$ și $B$ sînt următoarele:

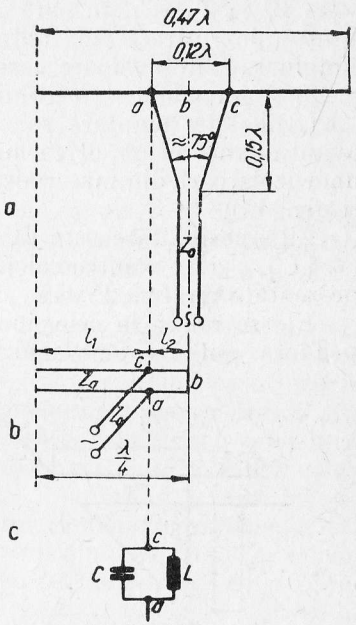


Fig. IV. 5. Dispozitivul de adaptare Δ(*a*) și schemele echivalente ale circuitelor cu constante distribuite (*b*) și concentrate (*c*).

$$A_{(m)} = \frac{36}{f_{(\mathrm{MHz})}} \text{ pentru } f < 30 \text{ MHz};$$

$$A_{(m)} = \frac{34{,}5}{f_{(\mathrm{MHz})}} \text{ pentru } f > 30 \text{ MHz};$$

$$B_{(m)} = \frac{45}{f_{(\mathrm{MHz})}}.$$

[1]) Dimensiunile $A$ și $B$ date de relațiile respective sînt valabile pentru situația în care impedanța caracteristică a fiderului este 600 Ω și impedanța antenei, 70 Ω.

O altă posibilitate de adaptare este cea care utilizează un transformator de impedanță format dintr-o linie de lungime $\lambda/4$ (v. § I.5, *a*).

Impedanța caracteristică a liniei în $\lambda/4$ se alege din relația $Z_0^2 = Z_A \cdot Z_f$, în care $Z_A$ și $Z_f$ sînt, respectiv, impedanța de intrare în antenă (73 Ω, în cazul dipolului simplu sau altă valoare care depinde de structura antenei) și $Z_f$ — impedanța fiderului.

Liniile de adaptare se construiesc, în general, din țevi avînd diametrul de cîțiva milimetri, fixate rigid cu ajutorul unor izolatoare din materiale dielectrice (v. § I.5, *a*, fig. I.5 și fig. I.8).

Altă posibilitate este să se utilizeze trunchiuri de linie. (v. § I.5, *c* și *d*). Pentru calcule se mai pot adăuga diagramele prezentate în fig. IV.6.

Ele se referă la cele două situații existente în care impedanța antenei este mai mare decît impedanța caracteristică a fiderului. Diagramele respective sînt valabile numai în situația în care impedanța de sarcină ($R_A$) este pur rezistivă. Pentru calcul trebuie cunoscută, pe lîngă impedanța fiderului, care este ușor de dedus din considerente geometrice (fig. I.8 și I.9) și impedanța de intrare în antenă (care în mod exact se deduce din măsurarea factorului de undă staționară și a distribuției minimelor pe linia de alimentare).

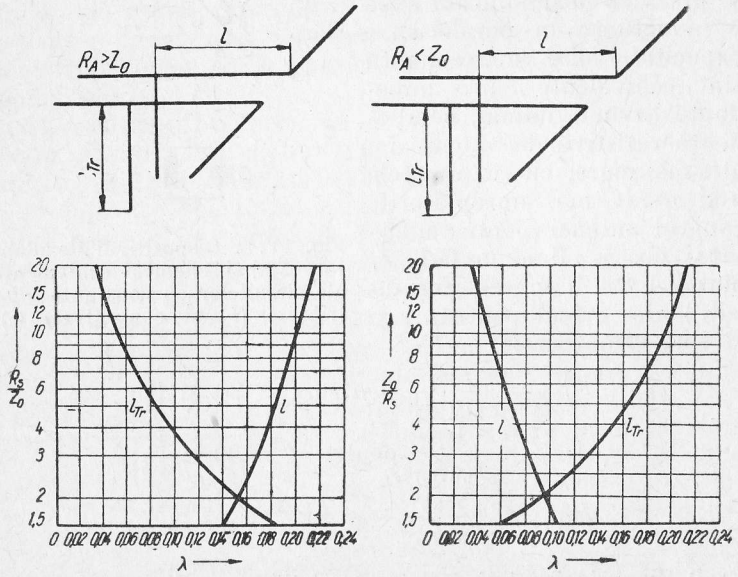



Fig. IV. 6. Diagramele de calcul pentru adaptare cu trunchiuri, în cazul unei sarcini pur rezistive.



Modul general de calcul se bazează însă pe măsurarea lui $\sigma$ și pe utilizarea diagramei circulare, atît pentru găsirea valorilor impedanțelor cît și pentru locul de conectare a trunchiului și a lungimii sale.

În afară de posibilitatea de alimentare prin fider lucrînd în regim de unde progresive (adaptat la capăt), care se mai numește și alimentare prin linie nerezonantă, se mai poate face alimentarea și printr-o linie rezonantă, datorită simplității pe care o prezintă acest gen de alimentare. Aceasta permite realizarea unui transfer de energie de la emițător la antenă într-o bandă largă de frecvențe dacă se utilizează circuite de cuplaj și de acord corespunzătoare (v. fig. IV.16).

Lungimea acestor linii nu trebuie să depășească valoarea $\lambda$. În funcție de cum se prezintă lungimea liniei la frecvența de lucru (valoarea raportului $l/\lambda$), impedanța antenei este reflectată în mod diferit la intrarea liniei. De exemplu : dacă lungimea liniei este egală cu un multiplu par de $\lambda/4$, atunci impedanța antenei se reflectă la intrarea liniei ca o impedanță mică.

În acest caz, drept circuit de cuplaj între emițător și linie trebuie să se utilizeze un circuit serie, care are impedanță mică la rezonanță (la intrarea liniei trebuie să fie curent mare și tensiune mică).

Pentru situația în care linia are lungime egală cu un multiplu impar trebuie folosit un circuit de cuplaj derivație.

Întrucît pe linie apar unde staționare de valoare ridicată, linia va radia și pierderile pe linie vor crește.

### b. *Antene verticale*

În unele situații, datorită simplității de construcție, se utilizează antena verticală. Detalii asupra caracteristicilor, de radiație s-au dat în fig. IV.2. Trebuie specificat însă că

această caracteristică este puternic influențată de conductibilitatea solului. La o conductibilitate a solului mică, caracteristica de directivitate își schimbă alura și pierderile cresc foarte mult. Pentru asigurarea unei funcționări corecte trebuie să se utilizeze o priză de pământ care să realizeze o rezistență minimă.

Antenele verticale se pot face izolate față de pământ sau pot fi puse direct la pământ (ne referim la antenele avînd lungimea $\lambda/4$ sau mai mici decît $\lambda/4$).

Alimentarea acestor antene se face la bază prin circuite de adaptare, dacă nu sînt puse la pământ (alimentare serie) sau undeva pe conductorul care formează antena (alimentare derivație), la o înălțime mai mare sau mai mică de la sol, după mărimea impedanței dorite (ca și în în cazul de adaptare $\Delta$ la antene simetrice).

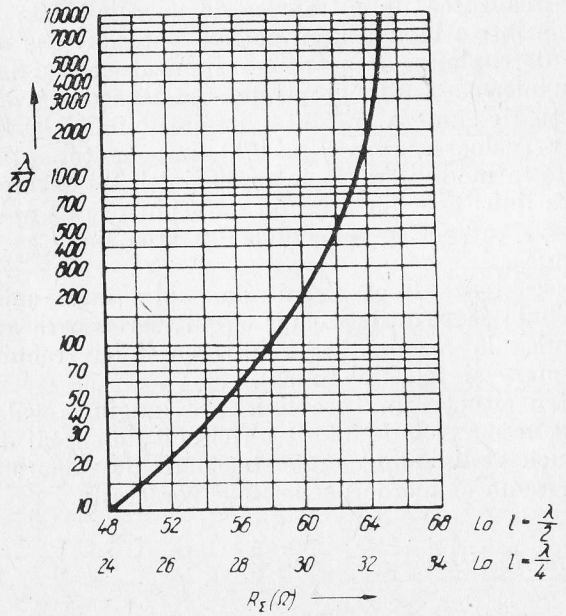



Fig. IV. 7. Rezistența de radiație pentru o antenă dipol sau cu suprafață de pământ ($l = \lambda/4$) pentru diverse diametre ale conductorului antenei.



Dintre antenele verticale se mai utilizează pentru frecvențele mai înalte antena cu plan de pământ artificial, realizat dintr-o serie de conductoare dispuse radial, avînd o anumită înclinare nu prea mare față de sol (v. fig. IV.17). Lungimea antenei și lungimea conductoarelor trebuie să fie de $\lambda/4$.

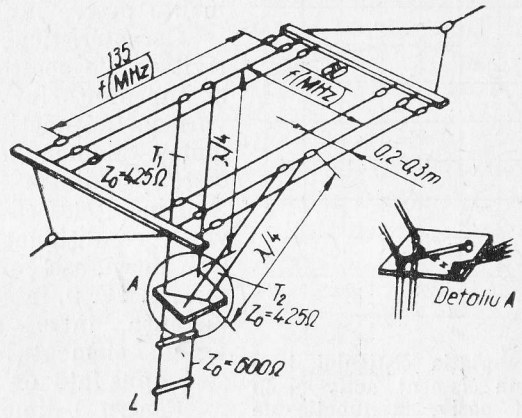



Fig. IV. 8. Antenă cu două elemente active alimentate în antifază pentru unde scurte.

Alimentarea acestei antene se poate face cu cablu coaxial, iar adaptarea se realizează uneori și cu trunchi de linie, știind că rezistența de radiație a antenei se determină din diagrama dată în fig. IV.7, în care $d$ este diametrul conductorului antenei și $R_\Sigma$ rezistența de radiație.

c. *Antene cu mai multe elemente active*

Dintre antenele cu mai multe elemente active, care realizează o directivitate sporită, elementele fiind toate alimentate cu curenți de amplitudine egală și fază opusă se menționează antena cu doi dipoli, a căror dimensiuni și caracteristici sînt date în fig. IV.8. Aceasta are o caracteristică de radiație a cărui ax coincide cu axul de așezare a dipolilor (radiație longitudinală).

Cîștigul realizat este de circa 4 dB.

d. *Antene cu elemente pasive*

În aceste sisteme numai unul dintre elemente este activ, în sensul că este alimentat și toate celelalte elemente sînt nealimentate. În general se utilizează pînă la două elemente pasive în US.

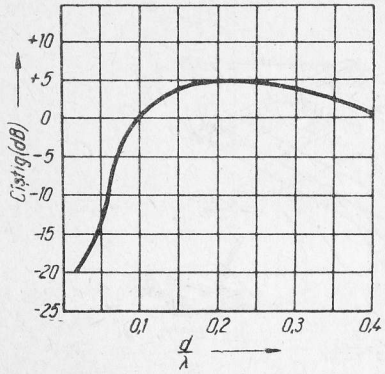



Fig. IV. 9. Variația cîștigului la o antenă cu un element activ și cu un element pasiv, în funcție de distanța dintre elemente $d$.

Caracteristicile de directivitate ale acestor antene și impedanța lor de intrare variază în funcție de lungimea elementelor și de distanța dintre elemente.

Bineînțeles că și cîștigul va fi condiționat de același lucru, așa cum se vede din fig. IV. 9, în care $d$ este distanța între elementul activ și elementul așezat în sens opus față de emițător.

Pentru dimensionarea antenelor se pot utiliza diagramele din fig. IV.10.

Semnificația mărimilor din diagramă este dată de fig. IV.11.

Se pleacă, în general, de la cîștig și se determină celelalte mărimi, cunoscîndu-se frecvența la care se lucrează.

Dimensiunile fiind cunoscute, rezultă rezistența de radiație, a cărei valoare este importantă pentru realizarea alimentării.

Evident, dacă dorim să lucrăm într-o bandă de frecvență nu mai mare de 1 — 2 MHz, în calcule se va lua lungimea de undă corespunzătoare frecvenței medii $f_0$ din bandă egală cu media geometrică a limitelor benzii $f_1$ și $f_2$ ($f_0 = \sqrt{f_1 f_2}$).

**Exemplu.** Să se determine dimensiunile unei antene cu elemente pasive care lucrează în gama de unde scurte în banda de 28 MHz, pentru a se obține un cîștig maxim.



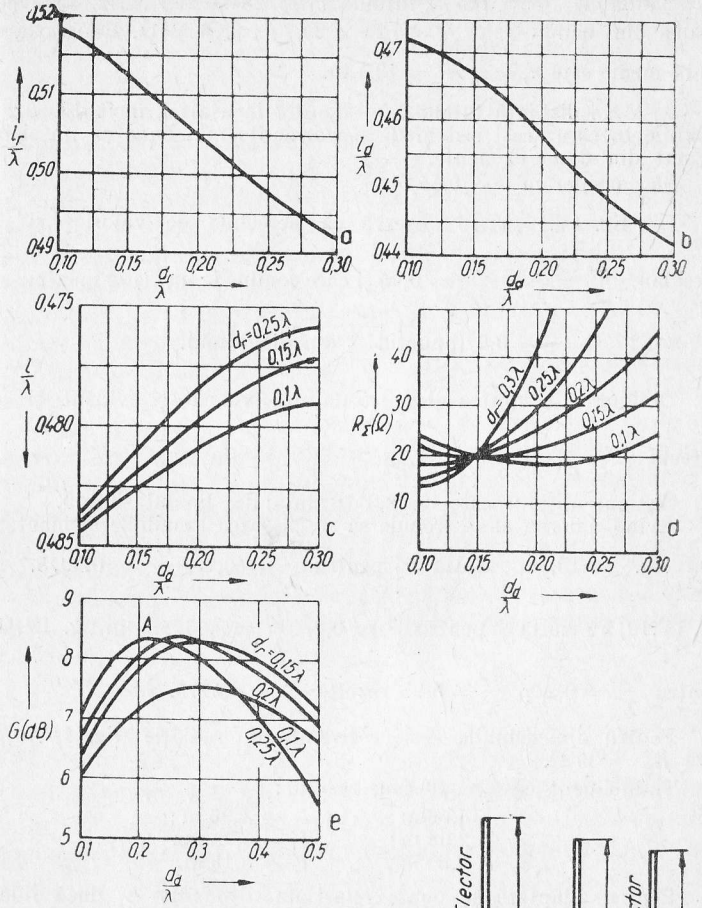



Fig. IV.10. Diagramele pentru dimensionarea antenelor cu două elemente pasive: un reflector și un director.

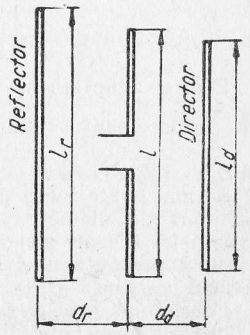



Fig. IV.11. Antenă cu un element activ, un reflector și un director.

Banda de frecvență se întinde între 28 și 29,7 MHz. Frecvența medie din bandă este $f_0 = \sqrt{28 \times 29{,}7} \approx 28{,}8$ MHz. Lungimea de undă medie este $\lambda_0 = \frac{300}{28{,}8} = 10{,}4$ m.

Se alege distanța totală $d_r + d_d = d$ în așa fel, încît $d > 0{,}2\ \lambda$, condiție în care acest sistem dă performanțe mai bune ca un sistem format din două elemente.

Să considerăm $d = 0{,}45\ \lambda$.

Din fig. IV.10, *e* se observă că perechile de valori $\frac{d_r}{\lambda}$ și $\frac{d_d}{\lambda}$, care dau $\frac{d_r}{\lambda} + \frac{d_d}{\lambda} = \frac{d}{\lambda} = 0{,}45$ și care conduc la un cîștig maxim, sînt $\frac{d_r}{\lambda} = 0{,}25$ și $\frac{d_d}{\lambda} = 0{,}2$ (punctul *A* din diagramă).

Desigur că se putea alege $\frac{d}{\lambda}$ de altă valoare și evident și alte perechi $\frac{d_r}{\lambda}$ și $\frac{d_d}{\lambda}$.

Cîștigul obținut este de 8,3 dB față de dipolul simplu.

Avînd valorile alese trebuie să se găsească lungimile elementelor. Din fig. IV.10, *a*, rezultă că pentru $\frac{d_r}{\lambda} = 0{,}25$, $\frac{l_r}{\lambda} = 0{,}4975$. Din fig. IV.10, *b* rezultă că pentru $\frac{d_d}{\lambda} = 0{,}2$, $\frac{l_d}{\lambda} = 0{,}4575$. Din fig. IV.10, *c* pentru $\frac{d_d}{\lambda} = 0{,}2$ și $\frac{d_r}{\lambda} = 0{,}25$ rezultă $\frac{l}{\lambda} = 0{,}4775$.

Pentru dimensiunile alese rezistența de radiație (fig. IV.10, *d*) este $R_\Sigma = 30\ \Omega$.

Ținînd cont că $\lambda_0 = 10{,}4$ m, rezultă:

$d = 4{,}68$ m; $\quad l = 4{,}96$ m;
$d_d = 2{,}08$ m; $\quad l_d = 4{,}75$ m;
$d_r = 2{,}6$ m; $\quad l_r = 5{,}18$ m.

Pentru adaptare se poate folosi un dispozitiv Δ, dacă fiderul este bifilar sau o linie $\frac{\lambda}{4}$ care să aibă impedanța caracteristică $Z_0 = \sqrt{Z_A Z_f} = \sqrt{30 \times 300} = \sqrt{9\,000} = 95\ \Omega$ (dacă $Z_f = 300\ \Omega$).

Se mai poate folosi un dipol închis (v. § IV. 2, a și fig. V.2) (care la ramuri de diametre egale dă $Z_A = 4 \times R_{\Sigma_0} = 4 \times 30 = 120\ \Omega$) de diametre inegale ale ramurilor, care poate ajunge la 280 — 300 Ω cît este impedanța unei linii bifilare sau un cablu coaxial de 70 Ω, prevăzut cu buclă *U* (v. § V.5, b și fig. V.40).

Foarte bine se poate utiliza și un tripol care are la intrare $9 \times 30 = 270\ \Omega$, valoare apropiată de 280 sau 300 Ω.



Se menționează că $R_\Sigma = 30\ \Omega$ este valoarea corespunzătoare radiației în spațiul liber. Dacă antena este în apropiere de pămînt, valoarea acestei rezistențe de radiație se modifică în funcție de $h/\lambda$ (v. fig. II.12).

Aceste antene cu elemente pasive au o directivitate destul de pronunțată; de aceea nu se pot utiliza decît într-o singură direcție. Pentru a extinde posibilitățile de lucru pe mai multe direcții, de multe ori, aceste antene se fac rotitoare, respectiv se prevede posibilitatea ca țeava de susținere a antenei să se poată roti în jurul axului ei. Problema este simplă atunci cînd lungimea elementelor nu este mare (lucru care se întîmplă în domeniul undelor ultrascurte) și elementele sînt rigide.

Acest lucru mai poate fi valabil și în domeniul undelor scurte, în benzile de 10 m sau 14 m. Pentru a se realiza astfel de antene și în undele scurte, se utilizează procedeul de scurtare al elementelor prin: introducerea unor bobine în punctul de alimentare sau, în general, la mijlocul elmentelor, sau trunchiuri de linie în scurtcircuit cu care să se compenseze componenta reactivă, capacitivă pe care o prezintă impedanța de intrare a elementelor scurtate.

Nu se poate face însă o scurtare prea pronunțată, deoarece scade randamentul antenei prin scăderea rezistenței de radiație.

### e. *Antene cu unde progresive*

Dintre antenele care funcționează fără unde staționare se menționează antena rombică. Această antenă este avantajoasă, deoarece regimul ei de lucru se păstrează la orice frecvență din bandă.

După construirea antenei, impedanța ei de intrare este una și aceeași la toate frecvențele, motiv pentru care adaptarea cu fiderul se poate face o dată pentru totdeauna.

Antena rombică prezintă o caracteristică de directivitate cu maximul îndreptat după diagonala mare a rombului în direcția sarcinii, iar caracteristica de directivitate în plan vertical depinde de lungimea laturii rombului, de înălțimea la care este dispus planul antenei față de sol și de unghiul pe care-l fac laturile rombului.

Impedanța de sarcină a antenei rombice este de 600—800 Ω, iar alimentarea antenei se face printr-un fider avînd aceeași impedanță.

Din cauza dimensiunilor ei mari (lungimea laturilor se ia de cîteva ori lungimea de undă), antena rombică nu se poate instala decît în mediul rural, acolo unde se dispune de spațiu.

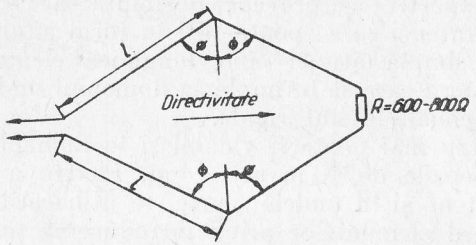



Fig. IV.12. Antenă rombică nerezonantă.

Schița unei antene rombice se dă în fig. IV.12.

Pentru dimensionarea antenei rombice se dă diagrama din fig. IV.13.

Din această diagramă se poate determina unghiul dintre laturile rombului $\varphi$ și înălțimea $h$, la care trebuie situat

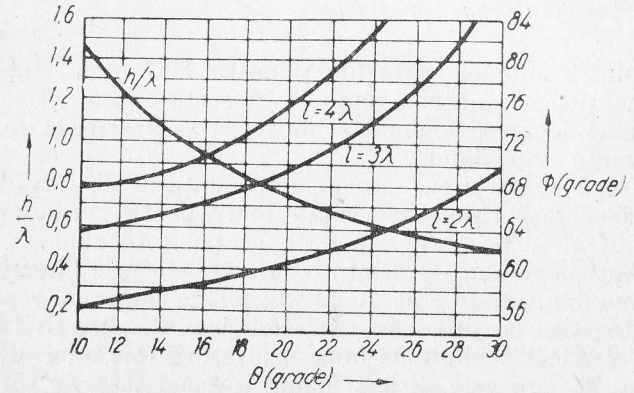



Fig. IV. 13. Diagrama de calcul pentru antene rombice.



planul antenei față de sol, în funcție de lungimea laturilor rombului și de unghiul axei lobului principal față de sol $\theta$.

Pentru deducerea lungimii optime a laturilor rombului, care dă un cîștig maxim, se poate utiliza și diagrama din fig. IV.14.

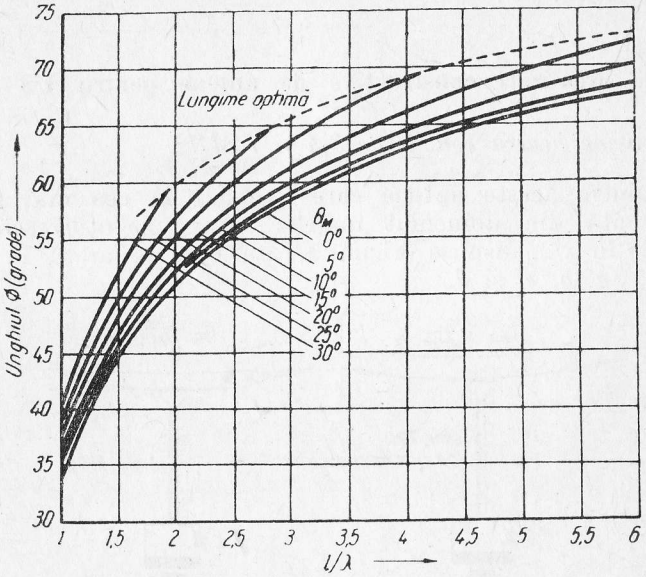



Fig. IV. 14. Diagrama pentru determinarea valorii cîștigului maxim la antene rombice, în funcție de lungimea laturilor.

**Exemplu.** Să se dimensioneze o antenă rombică, care să lucreze pe frecvența de 21 MHz ($\lambda = 14{,}3$ m). Din considerente de traseu de propagare se impune un unghi al axei caracteristicii de radiație în plan vertical $\theta = 11°$.

Se alege o latură $l = 4\lambda = 4 \times 14{,}3 = 57{,}2$ m. Avînd $\theta = 11°$, din diagrama din fig. IV.13 pentru $l = 4\lambda$ rezultă $h = 0{,}8\lambda = 11{,}4$ m. Se intersectează apoi verticala $\theta = 11°$, cu curba $\frac{h}{\lambda}$ și de la intersecție pe orizontală, se citește unghiul laturilor $\varphi \approx 78°$.

Urmărind diagrama din fig. IV.14 se observă că, pentru cîștig maxim ar fi trebuit să avem la $\varphi = 78°$ și $\theta = 11°$ o lungime a laturilor foarte mare.

De multe ori, din cauza spațiului nu se poate realiza acest lucru. De aceea se va lucra cu laturi mai mici și cîștigul va fi mai redus.

Ca realizare constructivă, vîrfurile antenei rombice se leagă cu izolatoare și se ancorează de stîlpi de lemn. Alimentarea se face cu linie bifilară, iar sarcina pentru a fi accesibilă se pune în apropiere de sol și se leagă la capătul antenei printr-o linie bifilară avînd aceeași impedanță caracteristică.

### 3. **Realizări constructive de antene pentru US**

a. *Antene pentru benzile de 3,5 și 7 MHz*

Dintre aceste antene care lucrează la cea mai joasă frecvență din domeniul undelor scurte se utilizează antenele în $\lambda/2$, dispuse orizontal, așa cum se arată în fig. IV.15. *a*, *b*, *c*, și *d*.

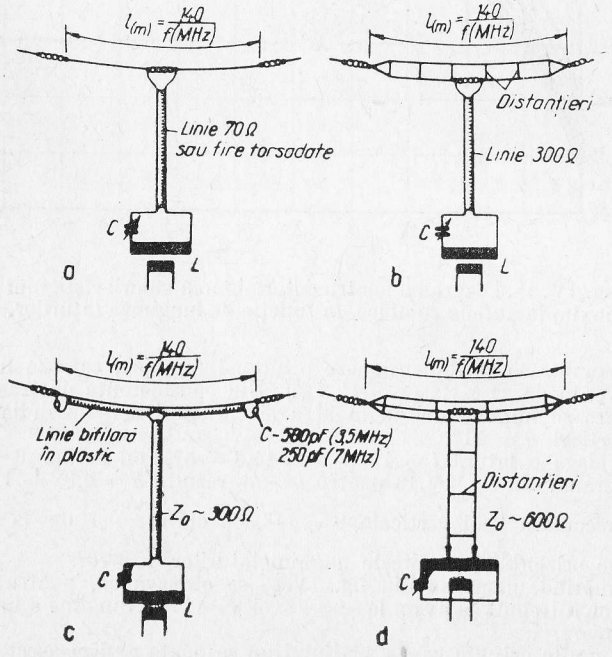



Fig. IV. 15. Antene dipol pentru lucru în benzile de 3,5 și 7 MHz.



Aceste antene sînt alimentate la mijlocul lor. La fel de bine se poate utiliza însă și alimentarea antenei la capătul ei, în care caz antena este alimentată cu un curent minim

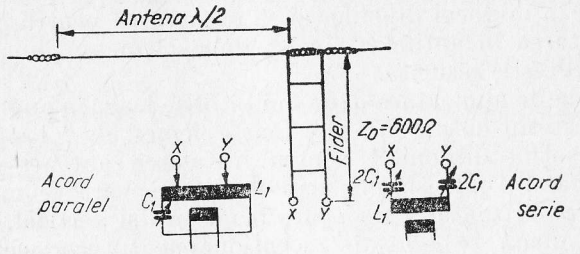



Fig. IV. 16. Antenă de bandă largă alimentată la capăt.

și tensiune maximă. În schema respectivă, pentru circuit acordat paralel capacitatea $C_1$ trebuie să fie 100 pF pentru 3,5 MHz, 50 pF pentru 7 MHz și 25 pF pentru 14 MHz.

În circuitul serie valorile capacităților trebuie să fie mai mici, circa jumătate sau un sfert din valorile date mai sus.

În fig. IV. 16 se prezintă o antenă alimentată la capăt. Pentru cuplaj se utilizează circuitul derivație sau serie, depinzînd de lungimea fiderului și de frecvență. Valorile condensatoarelor sînt de 500, respectiv 250 pF la 7 MHz.

În fig. IV. 17 se arată un exemplu de antenă cu plan de pămînt.

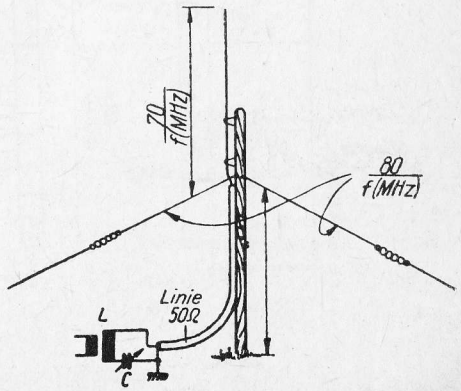



Fig. IV.17. Antenă cu plan de pămînt pentru 7 MHz.

b. *Antene pentru benzile de 14, 21 şi 28 MHz*

Un exemplu de antenă este prezentat în fig. IV. 18. Aici se utilizează o antenă realizată din două elemente alimentate, de lungimea $\lambda/2$ (aproximativ). Alimentarea se face în mijlocul dipolilor şi se observă că pentru a realiza alimentarea în antifază a celor două elemente linia de alimentare este răsucită.

Linia de alimentare de la emiţător se leagă în punctele *xy*.

Acest tip de antenă este foarte comod de folosit atunci cînd spaţiul disponibil pentru instalarea antenei nu este prea mare. Dimensiunile acestei antene, care se montează în genere orizontal, care poate fi folosită şi vertical, nu sînt critice, dacă se doreşte recepţionarea tuturor celor trei benzi.

Pentru antena din fig. IV.18, *a*, lungimea *l* se ia de circa 10 — 12 m, iar distanţa dintre elemente *d* de aproximativ 2,5 m. Antena se alimentează cu fider de o impedanţă oarecare (600 Ω sau alte), deoarece fiderul lucrează în regim de

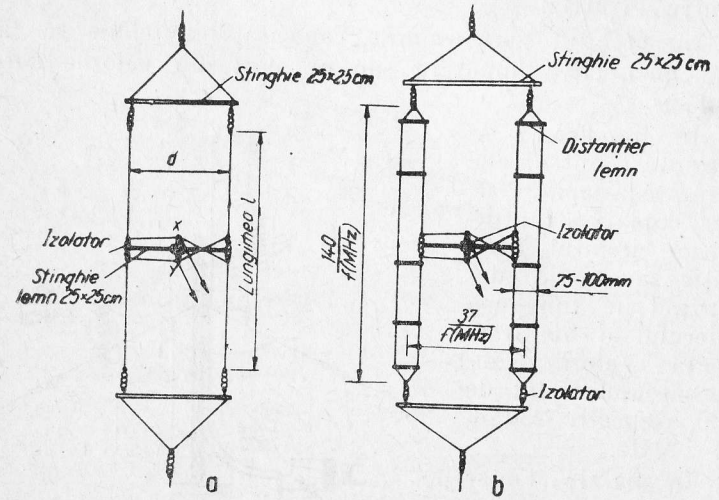



Fig. IV.18. Antene cu două elemente alimentate pentru banda de 14, 21 şi 28 MHz (se montează orizontal):
*a* — antenă pentru cele trei benzi; *b* — antenă pentru una din cele trei benzi.



linie rezonantă. Liniile dintre punctele *xy* şi intrarea în antenă se fac de asemenea de o valoare arbitrară.

Antena din fig. IV. 18, *b* este acordată pe una din benzi şi în acest caz se pot găsi impedanţele de intrare în dipoli (v. fig.V.2) şi în funcţie de distanţa între elemente se pot deduce impedanţele ce se pun în paralel în punctele *xy*, dacă se alege o anumită impedanţă caracteristică a liniilor de la *xy* la dipoli (v. § I.4,*a* şi fig. I.8). Se poate dimensiona apoi un fider, ca să existe adaptare.

Deşi antena din fig. IV.18, *a* lucrează pe linie cu σ mare, este utilizată curent la lucru în cele trei benzi — pe o singură antenă.

Pentru aceleaşi frecvenţe se mai utilizează antena arătată în fig. IV.19. Cele spuse mai sus în legătură cu dimensiunile şi alimentarea rămîn valabile şi în acest caz.

O antenă simplă, cu caracteristică de directivitate unidirecţională reversibilă, avînd două elemente radiante, se prezintă în fig. IV.20.

Distanţa între elemente este fixă, în schimb fazele curenţilor care alimentează cele două elemente diferă cu defazajul care se produce pe linia avînd o lungime electrică de $\lambda/4$.

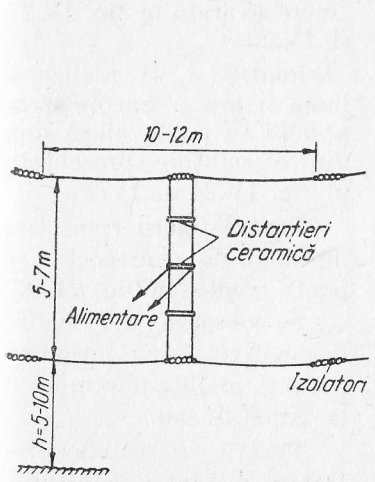



Fig. IV. 19. Antenă cu două elemente alimentate pentru 14, 21 şi 28 MHz (se montează vertical).

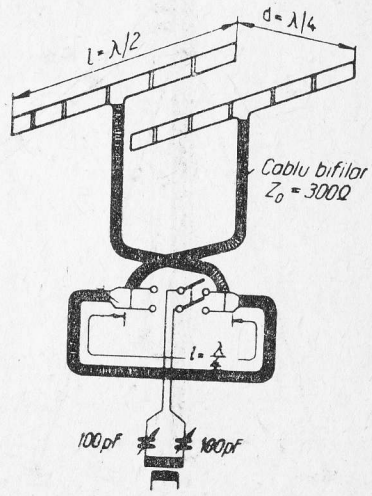



Fig. IV. 20. Antenă reversibilă pentru 14, 21 şi 28 MHz cu caracteristica de radiaţie unidirecţională transversală.

Schimbarea direcției se face cu ajutorul comutatorului.

Această antenă este convenabilă pentru recepție. Se poate obține un cîștig de 5 dB și un raport față-spate de 20 dB.

c. *Suporturi de antenă și fideri*

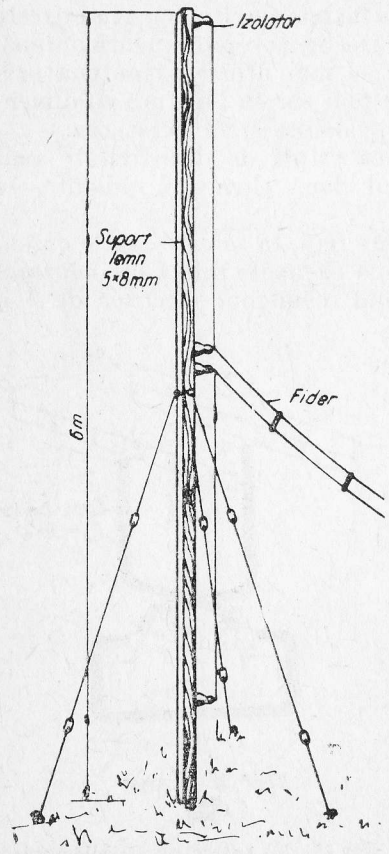



Fig. IV. 21. Antenă dipol verticală montată pe stîlp.

În afară de exemplul de suporturi deja prezentat pentru antene orizontale, care pot fi foarte bine utilizate și pentru fixarea antenelor ceva mai complicate de unde scurte, în fig. IV.21 se arată un mod de montare pentru o antenă în $\lambda/2$ verticală.

Modul de montare și ridicare a stîlpilor de susținere se arată în fig. IV.22 și IV.23.

Pentru a se realiza o bună fixare a ancorelor în pămînt se poate alege una dintre soluțiile prezentate în fig. IV.24 și IV.25.

Pentru fiderii respectivi un mod de construcție se poate vedea în fig. IV.26.

Se observă din figură dispozitivul de întindere (tirant) al fiderului montat la capătul său.

Pentru a realiza păstrarea distanței constante se folosesc diverși distanțieri (fig. IV.27), care pot



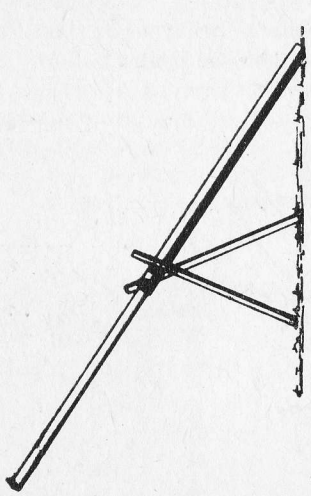


Fig. IV. 22. Modul de ridicare al unui stîlp-suport pentru antenă.

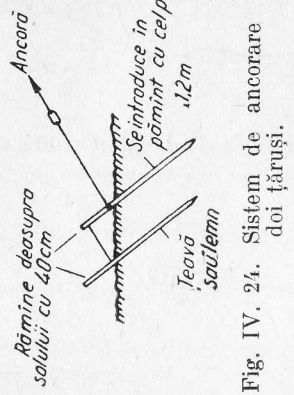



Fig. IV. 24. Sistem de ancorare cu doi țăruși.

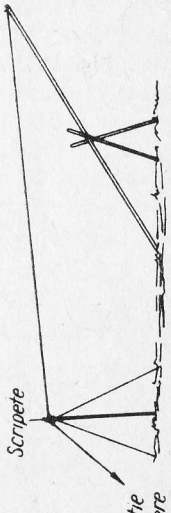



Fig. IV. 23. Capră și scripete pentru ridicarea stîlpului.

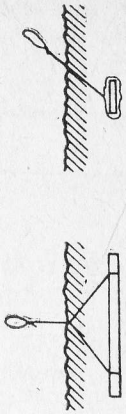


Fig. IV. 25. Sistem de ancorare cu suport din lemn îngropat.

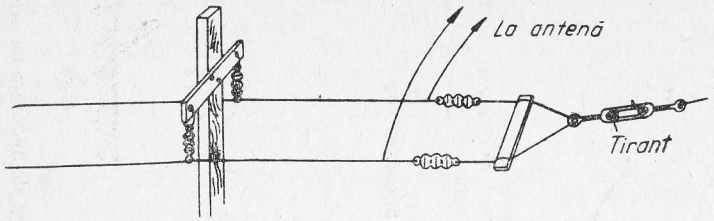



Fig. IV. 26. Suport pentru fider de lungime mare.

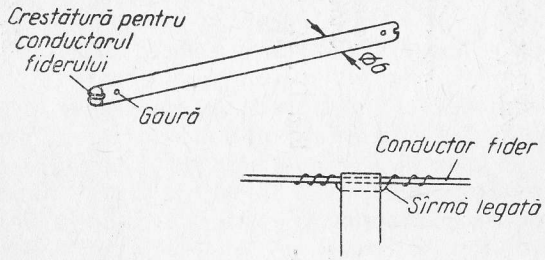



Fig. IV. 27. Distanțier pentru fider sau pentru antenă cu două fire.

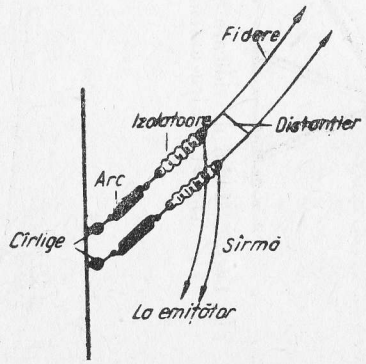



Fig. IV. 28. Fixarea fiderului pe peretele casei și intrarea în instalația de emisie.

fi executați dintr-un material izolant sau din lemn impregnat cu parafină (cînd prezintă însă pierderi mari).

Pentru intrarea de la fider la emițător, o soluție se vede în fig. IV.28.

d. *Priza de pămînt*

Pentru a realiza o mică rezistență de contact cu solul se utilizează prize de pămînt prin care se pun instalațiile la pămînt.

Există mai multe soluții de realizat o priză bună de pămînt.

O soluție obișnuită este aceea de a bate în pămînt o țeavă de oțel zincată, avînd o lungime aproximativă de 1 m. Locul de introducere în pămînt trebuie să se aleagă acolo unde pămîntul are umiditate mare. Conductorul care asigură legătura cu această țeavă trebuie să fie bine lipit, pentru ca rezistența de contact să fie cît mai mică posibil. Diametrul acestui conductor de legătură trebuie să fie de cîțiva milimetri, pentru a prezenta — de asemenea — o rezistență cît mai mică pe unitatea de lungime.

Dacă se dorește o rezistență de punere la pămînt mai mică trebuie mărite dimensiunile țevii, punînd mai multe țevi legate în paralel sau trebuie realizate unele tratări speciale a locului, pentru a obține în mod permanent o umiditate mare.

Un astfel de exemplu este dat în fig. IV.29.

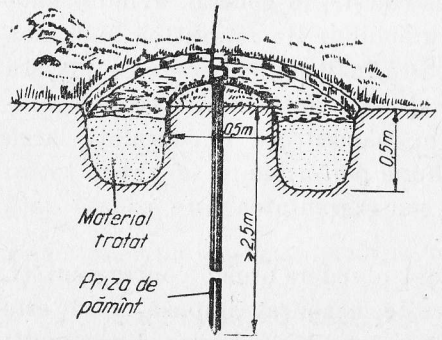



Fig. IV. 29. Priza de pămînt.

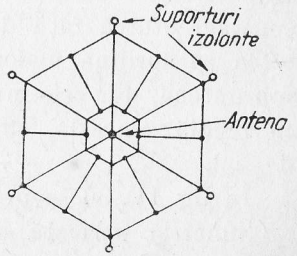



Fig. IV. 30. Formă posibilă de contragreutate.

Pe o adîncime de circa 0,5 m și pe o coroană circulară cu centrul la locul de introducere a țevii, avînd o rază interioară de 0,5 m și o grosime de circa 30 — 40 cm, se introduce o masă de material cîntărind cîteva zeci de kilograme, format din clorură de sodiu (halit sau sare gemă) și sulfat de magneziu sau sulfat de cupru.

Se umple șanțul respectiv cu apă și se amestecă. După aceea se acoperă cu pămînt. Acest material are viață 2 sau 3 ani, în sensul că asigură o umiditate satisfăcătoare.

e. *Contragreutatea*

Contragreutatea este forma de „pămînt" care se utilizează atunci cînd o priză de pămînt nu se poate face să aibă o rezistență suficient de mică, așa cum este cazul cu solurile stîncoase sau nisipoase.

Contragreutatea trebuie să fie suficient de mare, pentru a asigura o capacitate considerabilă față de pămînt.

Nu se pot da dimensiuni specifice, deoarece acestea nu sînt critice.

O formă bună de contragreutate este cea de formă circulară, care conține și conductoare radiale.

Contragreutatea se construiește, în general, avînd o înălțime de 1 — 2 m, deasupra solului. De reținut că înălțimea antenei este redusă cu această înălțime la care este plasată contragreutatea față de sol. Din acest motiv, contragreutatea se sprijină uneori pe pămînt, pe o suprafață largă sub antenă, dar cele mai bune performanțe se obțin totuși ca regulă generală, cînd contragreutatea este izolată față de sol.

În fig. IV. 30 se prezintă o vedere a unei contragreutăți.

Simetria perfectă nu este neapărat impusă, însă este bine ca contragreutatea să se întindă în fiecare direcție atît cît se întinde și antena.



*CAPITOLUL V*

# ANTENE PENTRU UNDE ULTRASCURTE

## 1. Generalități

Din domeniul undelor ultrascurte, pentru marea majoritate a posesorilor de receptoare de radiodifuziune și de televizoare, interesează domeniile de frecvență de la 40 — 230 MHz. În aceste domenii de frecvență sînt plasate benzile *I*, *II* și *III* de televiziune și banda de radiodifuziune pentru modulație de frecvență. Pentru radioamatori, deocamdată interesează banda de frecvență de la 144 la 146 MHz, unde sînt mai răspîndite legăturile radio în unde ultrascurte. Aceste benzi de frecvență fac parte toate din domeniul undelor metrice.

În curînd, în țara noastră, se vor instala emițătoare de televiziune care vor lucra în benzile *IV* și *V*, respectiv în domeniul undelor decimetrice.

Pentru programele respective, și în funcție de locul de amplasare a receptorului față de emițător (prin amplasare înțelegînd distanța, înălțimea de la sol, perturbațiile posibile la locul de recepție) și de banda de frecvență care se dorește a fi recepționată cu o singură antenă, se vor utiliza antene diferite. În acest capitol se vor da detalii privind alegerea unor tipuri de antene, detalii de dimensionare electrică și criterii de construcție, amplasare și reglaj. Se vor descrie cele mai obișnuite antene utilizate pentru casetele aparatelor, antene de cameră și antene de exterior.

Se vor specifica și cîteva antene de bandă largă și unele antene mai pretențioase pentru radioamatori. Antenele de mare directivitate și cu cîștig ridicat pentru recepționarea la mare distanță nu fac obiectul acestei lucrări. Detaliile de amplasare, reglaj și construcție, care se dau în această lucrare, sînt valabile însă și pentru aceste antene.

## 2. Antene de bandă îngustă

Dintre antenele de bandă îngustă, care se construiesc pentru recepționarea unei benzi de frecvență mai redusă, cum ar fi: banda de radiodifuziune cu MF sau 1—3 canale de televiziune, fac parte antenele în $\lambda/2$, în $\lambda$, cu elemente pasive și cu reflector diedru.

### a. *Antena dipol* ($\lambda/2$)

Această antenă are o caracteristică de directivitate bidirecțională în planul antenei, iar impedanța sa de intrare depinde de forma dipolului, așa cum s-a arătat și la antenele de unde scurte (v. § IV.2, a).

Pentru determinarea impedanței de intrare a dipolului, în funcție de forma sa, s-au dat diagramele din fig. IV.3, de unde se deduce factorul de scurtare și cea din fig. IV.7, din care se deduce rezistența de radiație. Ambele mărimi depind de raportul $\frac{\lambda}{2d}$.

Pentru dipolul îndoit (fig. V.1), diagrama de calcul a factorului de multiplicare al rezistenței de intrare a dipolului simplu, pe baza formulei:

$$N_2 = \left[\frac{\log 4\, D^2/d_1 d_2}{\log 2\, D/d_1}\right]^2,$$

se dă în fig. V.2.

De exemplu, dacă $d_1 = 3$ mm, $d_2 \approx 20$ mm, $D = 200$ mm se găsește pentru $N_2$ valoarea de aproximativ 7. Cu acest factor se multiplică rezistența de intrare a antenei simple în $\lambda/2$ deschisă la centru (lungimea dipolului îndoit se scurtează față de $\lambda/2$ aproximativ cu aceeași valoare determinată din fig. IV. 3).

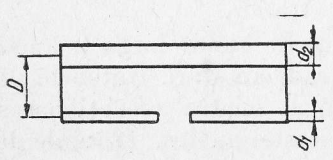


Fig. V.1. Dipol îndoit cu ramuri de diametre inegale.

Pentru cazul particular, în care $d_2 = d_1$, dipolul se prezintă ca un dipol îndoit obișnuit, la care factorul de multiplicare este egal cu 4. Deci, rezistența



la intrare va avea valoarea de 280 — 300 Ω și linia de alimentare a antenei poate să fie linia bifilară izolată cu material plastic care are impedanța caracteristică de 300 Ω.

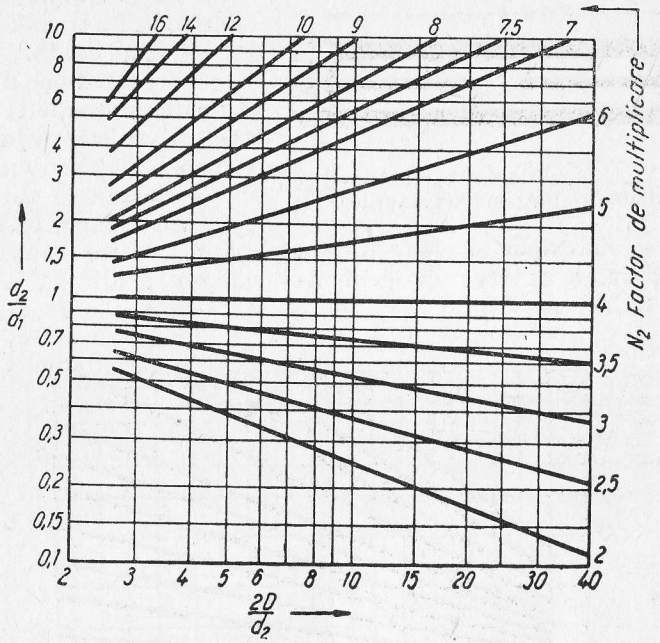


Fig. V. 2. Diagrama pentru determinarea factorului de multiplicare $N_2$ al rezistenței de intrare, în funcție de diametrele ramurilor dipolului și distanța dintre ele.

Pentru dipolul dublu îndoit (fig. V. 3) numit și dipol triplu sau tripol, formula de calcul a factorului de multiplicare este:

$$N_3 = \left[\frac{\log 4\, D^3/d^2_1 d_2}{\log D/d_2}\right]^2.$$

Pe baza ei se construiește diagrama din fig. V. 4.

De exemplu, la $d_1 = 25$ mm, $d_2 = 10$ mm, $D = 250$ mm, se găsește factorul de multiplicare $N = 8{,}3$. Iar dacă rezistența de intrare a dipolului simplu este de circa 70 Ω, re-

zultă că rezistența de intrare în dipolul triplu este $70 \times 8{,}2 = 600\ \Omega$. În aceste condiții, pentru alimentare este nimerită o linie de 600 Ω sau o linie de altă impedanță caracteristică, între ea și antenă intercalîndu-se un transformator de impedanță.

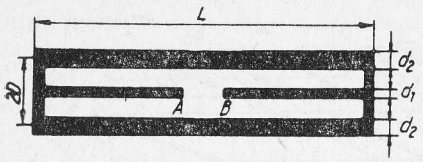



Fig. V. 3. Dipol dublu îndoit (tripol) cu diametre inegale ale ramurilor.

Antenele dipol dublu și triplu cu diametre inegale se utilizează la sistemele Yagi, sau cu panou reflector, la care — pe lîngă elementul radiant — mai apar și elemente pasive, din a căror cauză rezistența de intrare în elementul radiant poate să scadă (v. fig. V.6).

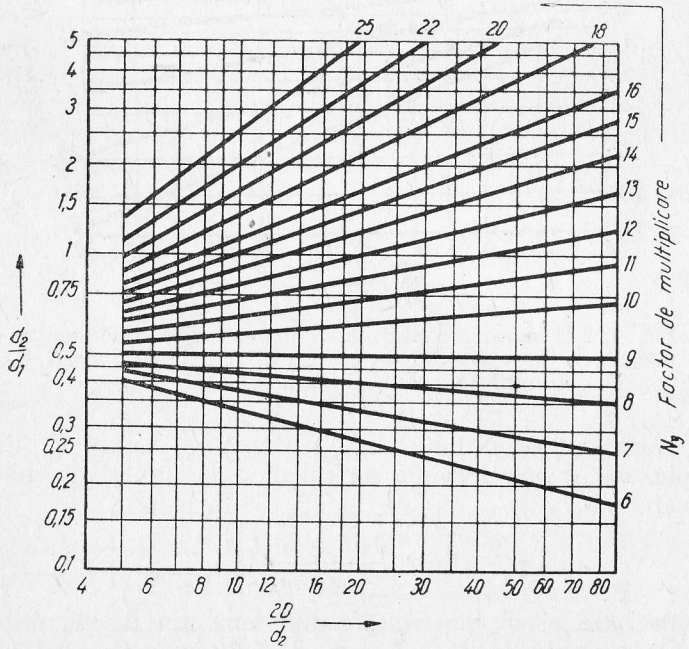



Fig. V. 4. Diagrama de determinare a factorului de multiplicare $N_3$ a rezistenței de intrare, în funcție de diametrele ramurilor și de distanța dintre ele.



Pentru ca prin scădere să se obțină totuși o rezistență de intrare suficient de ridicată, care să se adapteze direct la o linie bifilară, sau la un cablu coaxial cu dispozitiv de simetrizare, se utilizează aceste elemente radiante, la care rezistența proprie de intrare este mai mare decît la dipolul simplu sau la dipolul îndoit cu diametre egale.

b. *Antena de lungime* λ

Se construiesc antene la care elementul radiant are lungimea λ. La această antenă factorul de scurtare și rezistența de intrare se pot obține din diagrama dată în fig. V.5, în funcție de raportul dintre lungimea de undă și diametrul antenei.

Această antenă se utilizează, în general, din două motive: rezistența de intrare este mult mai mare decît la antena dipol și, alimentarea se face într-un punct de tensiune maximă și curent minim (la jumătatea antenei, acolo unde sînt bornele de intrare), spre deosebire de dipol, unde alimentarea se face într-un punct de curent maxim și tensiune minimă. Din aceste motive, fixarea dipolului de elementul

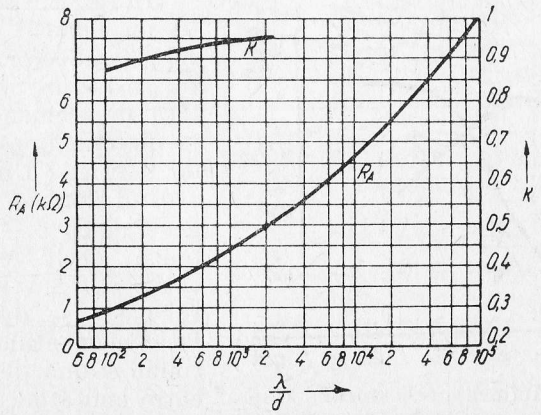



Fig. V. 5. Rezistența de intrare și factorul de scurtare la o antenă avînd lungimea $l = \lambda$.

de susținere, care poate fi metalic și poate fi legat la pămînt, se face la mijlocul elementului, care nu este întrerupt la mijloc (tensiunea fiind acolo minimă). Antena în λ se fixează de un suport similar prin două cleme care nu trebuie să fie izolante, fixate aproximativ la jumătatea fiecăreia din cele două ramuri (tensiunea este maximă la mijlocul antenei, în punctul de alimentare, deci la capătul din centrul antenei și la capetele extreme, pe cînd, la mijlocul fiecărei ramuri ea este minimă și nu este niciun pericol dacă antena se leagă în acel punct la masă).

Și această antenă în λ se poate folosi ca element radiant în sisteme de antene care conțin elemente pasive.

c. *Antena cu elemente pasive (Yagi)*

Pentru sporirea cîștigului și îngustarea caracteristicii de directivitate se folosesc elemente pasive, pe lîngă elementul activ. Aceste elemente sporesc într-adevăr cîștigul, dar au o influență și asupra rezistenței de intrare a elementului activ. Variația rezistenței de intrare, în funcție de distanța la care se plasează elementul pasiv de cel activ la o antenă de tip Yagi, este dată în fig. V.6 și V.7.

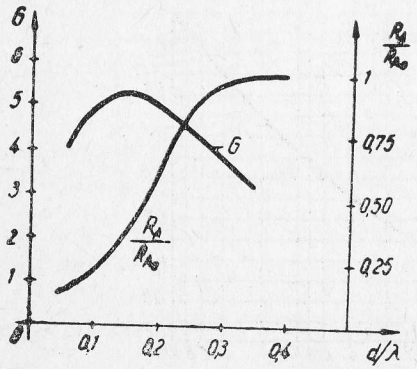



Fig. V. 6. Influența reflectorului asupra cîștigului și rezistenței de radiație a unui dipol, în funcție de distanța dintre elemente.

În fig. V.6 este vorba de un element pasiv cu rol de reflector (elementul pasiv care se dispune față de elementul activ în direcție opusă stației de emisie). Lungimea acestui element se ia, în general, cu 6 — 7% mai lungă decît elementul activ. În fig. V.7 elementul pasiv se dispune în fața elementului activ, ținînd seamă de direcția către emițător, și acesta poartă numele de director. Lungimea sa se alege,



în general, cu 5% mui mică decît lungimea elementului activ. În ambele figuri, prin $G$ s-a notat cîștigul, prin $R_{A_0}$ s-a notat rezistența de intrare într-o antenă dipol izolată, iar prin $d$—distanța între elemente. Se vede că rezistența de intrare pentru cîștigul maxim scade cel puțin la jumătate, lucru de care trebuie ținut seama la adaptare.

În general, se utilizează și antene cu mai multe elemente pasive.

De asemenea, pentru a obține o caracteristică de directivitate mai ascuțită în plan vertical se pot utiliza structuri de antene care să aibă cel puțin două etaje.

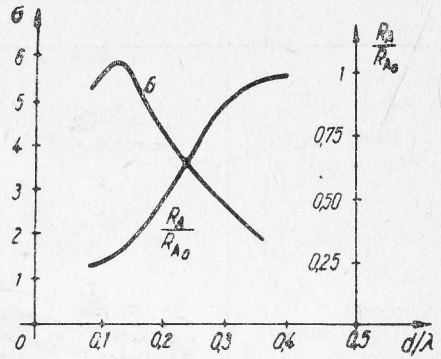



Fig. V. 7. Influența directorului asupra cîștigului și rezistenței de intrare a unui dipol, în funcție de distanța dintre elemente.

În alte situații, pentru recepție, în special pentru distanțe mici față de unul sau mai multe emițătoare care transmit programe de radiodifuziune cu modulație de frecvență, se utilizează antene cu caracteristică de directivitate omnidirecțională. Dintre acestea se citează: antena formată din doi dipoli dispuși în cruce (decalați geometric cu 90°) și alimentați cu un decalaj de 90° electric (printr-o lungime de linie de λ/4), dipol îndoit circular, antenă în V, avînd o anumită lungime etc. (fig. V.8).

În tabela V.1 se dau cîteva tipuri de antene cu dimensiunile lor, rezistența de intrare și cîștigul față de dipolul simplu.

Antena se alege în funcție de frecvența de lucru, respectiv de banda sau canalul recepționat și de cîștig. În fig. V. 8 se dau o serie de structuri care realizează diverse tipuri de caracteristici de directivitate. Valorile concrete pentru rezistența de intrare și cîștig se iau din tabela V. 2.

Se observă că structurile nr. V și VII au cîștig mai mic decît dipolul obișnuit. Astfel se explică semnul — (minus) care afectează valoarea cîștigului.

*Tabela V.1*

**Datele antenelor TV utilizate obișnuit**

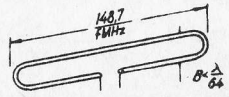
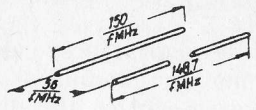
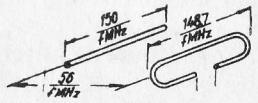
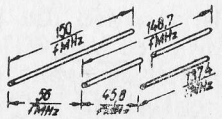
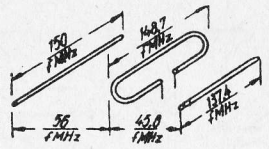
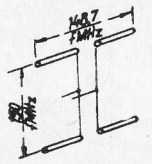
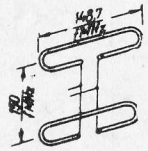
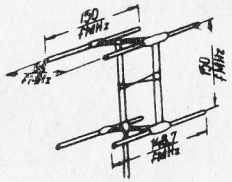
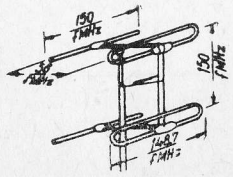
| Tipul de antenă | Dimensiuni | Rezistența de intrare Ω | Cîștigul antenei raportat la dipolul simplu | |
|---|---|---|---|---|
| | | | dB | Raport liniar |
| Dipol simplu | | 72 | 0 | 1,00 |
| Dipol îndoit |  | 300 | 0 | 1,00 |
| Dipol cu reflector |  | 50 | 5 | 1,78 |
| Dipol îndoit cu reflector |  | 250 | 5 | 1,78 |
| Dipol, reflector, director |  | 25 | 7 | 2,24 |



*Tabela V.1* (continuare)

| Tipul de antenă | Dimensiuni | Rezistența de intrare Ω | Cîștigul antenei raportat la dipolul simplu | |
|---|---|---|---|---|
| | | | dB | Raport liniar |
| Dipol îndoit, reflector, director |  | 100 | 7 | 2,24 |
| Dipoli în două etaje |  | 40 | 5 | 1,78 |
| Dipoli îndoiți în două etaje |  | 150 | 5 | 1,78 |
| Dipoli în două etaje cu reflector |  | 25 | 10 | 3,16 |
| Dipoli îndoiți în două etaje cu reflector |  | 100 | 10 | 3,16 |

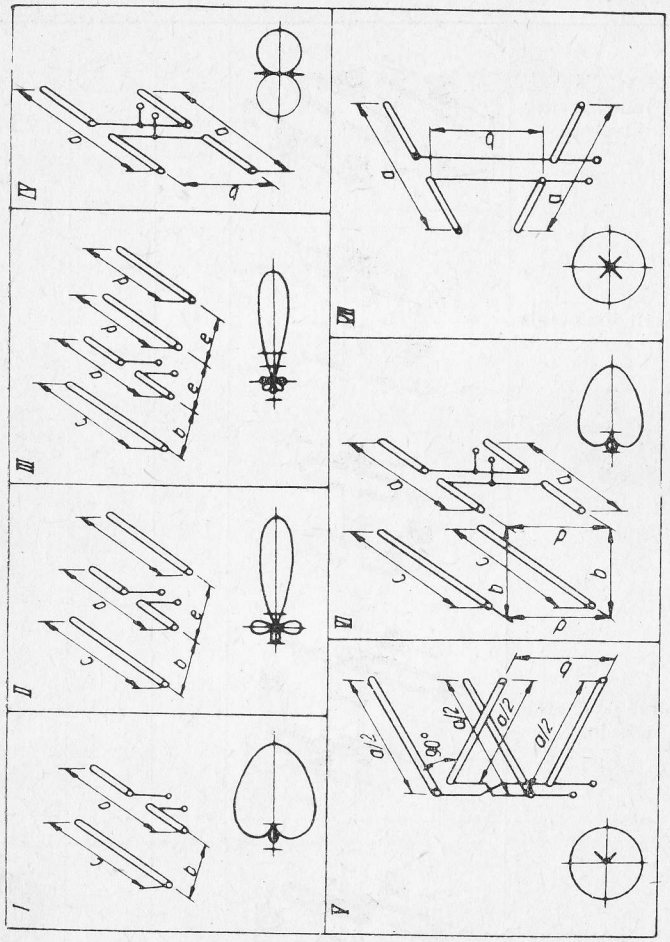



Fig. V. 8. Diverse antene uzuale pentru MF și TV (după Taeger).

*Tabela V.2*

**Parametrii și dimensiunile antenelor din fig. V. 8**

| Figura | Forma constructivă a antenei | Lungimea dipolului *a* | Distanța *b* | Lungimea reflectorului *c* | Lungimea directorului *d* | Distanța *e* | Rezistența Ω | Cîștig *G* dB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | Dipol cu reflector | | | | | | | |
| | Situația 1 | 5 | 1 | 7 | — | — | 15 | 4,6 |
| | Situația 2 | 5 | 3 | 5 | — | — | 60 | 3,5 |
| II | Dipol cu reflector și director | | | | | | | |
| | Situația 1 | 5 | 2 | 6 | 4 | 1 | 10 | 8,0 |
| | Situația 2 | 5 | 3 | 5 | 4 | 1 | 20 | 6,0 |
| III | Dipol cu reflector și două directoare | | | | | | | |
| | Situația 1 | 5 | 2 | 6 | 4 | 1 | 8 | 12,0 |
| | Situația 2 | 5 | 3 | 5 | 4 | 1 | 15 | 11,0 |
| IV | Dipoli în două etaje | 5 | 7 | — | — | — | 35 | 3,0 |
| V | Antene V în două etaje | 5 | 7 | — | — | — | 350 | −1,5 |
| VI | Dipoli cu reflector în două etaje | 5 | 3 | 5 | 2 | — | 30 | 5,0 |
| VII | Dipoli în cruce | 5 | 7 | — | — | — | 35 | −1,5 |

Dimensiunile antenelor se determină în funcție de frecvența de lucru, respectiv lungimea de undă din tabela V.2 și fig. V. 9.

**Exemplu.** Dacă se dorește o antenă cu un cîștig ridicat (de exemplu 12 dB) se alege structura *III* din fig. V. 8 (v. tabela V. 2).

Pentru recepționarea unui program pe 200 MHz ($\lambda = 1{,}5$ m) se caută dimensiunile elementelor și distanța dintre ele. Din tabela V. 2 pen-

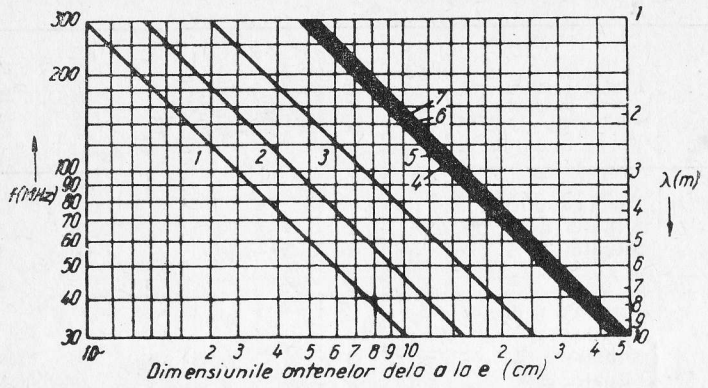



Fig. V.9. Diagrama de dimensionare a antenelor din fig. V.8.

tru structura *III* și situația *1* dimensiunile vor fi date de diverse curbe din fig V. 9 după cum urmează:
$a = 70$ cm (curba *5* pentru 200 MHz); $b = 18$ cm (curba *2*); $c = 76$ cm (curba *6*); $d = 69$ cm (curba *4*); $e = 13{,}5$ cm (curba *1*). Rezistența de radiație din tabelă este 8Ω.

Pentru adaptare cu un cablu cu $Z_0 = 70\Omega$ trebuie ca elementul activ *(a)* să aibă forma de dipol triplu cu diametrul $\frac{d_2}{d_1} = 0{,}5$ care dă $N_3 = 9$ (v. fig. V.4) iar simetrizarea se face cu cablu $\frac{\lambda}{4}$ și $3\,\frac{\lambda}{4}$ (v. § V. 5, b, fig. V. 39).

Pentru antenele de tip Yagi, fabricate în Republica Socialistă România de Întreprinderea Electro-Mureș (fig.V.10) cu un element sau cu trei elemente, dimensiunile se dau în tabela V.3, în funcție de canalul de recepționat.

### d. *Antena cu reflector diedru*

În unele situații se poate utiliza antena la care reflectorul este format din două suprafețe realizate dintr-o plasă de sîrmă sau tije metalice paralele (fig. V.11).



Suprafața ochiurilor de sîrmă trebuie să fie realizată din pătrate, a căror latură să nu fie mai mare de 0,01 λ. În cazul reflectorului format din tije paralele, distanța dintre

*Tabela V.3*

**Dimensiunile principale ale antenelor fabricate în R.S.R.**

| Canalul de TV | Lungimea dipolului | Lungimea directorului | Lungimea reflectorului | Lungimea brațului director | Lungimea brațului reflector |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* mm | *C* mm | *B* mm | *b* mm | *a* mm |
| *I* | 2 760 | 2 340 | 3 350 | 600 | 900 |
| *II* | 2 340 | 2 000 | 2 840 | 510 | 760 |
| *III* | 1 790 | 1 550 | 2 200 | 395 | 590 |
| *IV* | 1 620 | 1 400 | 2 000 | 355 | 535 |
| *V* | 1 510 | 1 290 | 1 830 | 330 | 490 |
| *VI* | 815 | 690 | 990 | 180 | 270 |
| *VII* | 780 | 660 | 950 | 170 | 255 |
| *VIII* | 745 | 630 | 905 | 160 | 240 |
| *IX* | 720 | 610 | 870 | 155 | 230 |
| *X* | 690 | 585 | 840 | 150 | 225 |
| *XI* | 665 | 560 | 805 | 145 | 220 |
| *XII* | 640 | 545 | 780 | 140 | 215 |

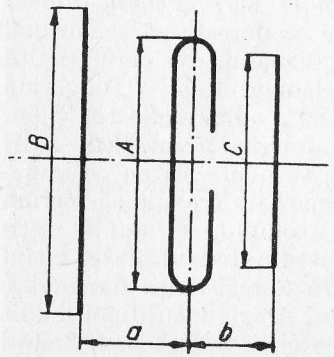



Fig. V.10. Forma antenelor de televiziune fabricate în R.S.R.

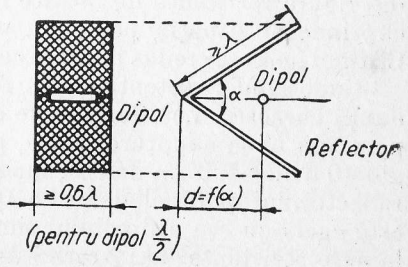



Fig. V.11. Antenă dipol cu reflector diedru.

tije trebuie să fie tot 0,01 λ. În fig. V.12 se prezintă variația rezistenței de intrare pentru dipol în prezența reflectorului — în funcție de distanța dintre vîrful reflectorului și dipol — la diferite unghiuri ale deschiderii reflectorului și cîștigul în funcție de aceleași unghiuri.

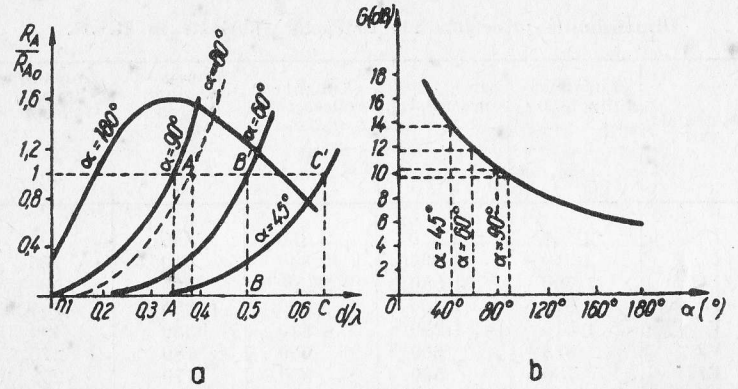



Fig. V.12. Variația rezistenței de intrare și a cîștigului în funcție de $\alpha$ și $d/\lambda$:
*a* — rezistența de intrare; *b* — cîștigul antenei.

Ca să nu rezulte o antenă de dimensiuni și greutate prea mari, această antenă se utilizează în special la frecvențe superioare în benzile *III* sau *IV* și *V*. Pentru dimensionare, în funcție de cîștigul care se dorește să se obțină, se alege o distanță și un unghi convenabil, din care rezultă din figură rezistența de intrare în elementul activ. Diagrama cuprinde și situația pentru $\alpha = 180°$, adică reflector plan. Cîștigul însă este redus în acest caz, ajungînd numai la 4—5 dB

Cunoscînd rezistența de intrare se poate ști cu ce impedanță caracteristică de linie de alimentare trebuie să lucrăm pentru a avea adaptare. Dacă, de exemplu, se impune cîștigul 10 dB, rezultă $\alpha$ de 80°, iar pentru o distanță între vîrful reflectorului și dipol de circa 0,375 λ rezistența de intrare este egală cu cea a dipolului simplu. Alegînd un dipol îndoit la care rezistența de intrare este de circa 300 Ω și, fixîndu-l față de reflector în mod rigid, cu o tijă sudată la jumătatea ramurii neîntrerupte a dipolului, îl putem alimenta direct



cu o linie bifilară, avînd impedanța caracteristică de 300 Ω sau cu un cablu de 75 Ω cu buclă de simetrizare de lungime λ/2 sau, în general, cu un transformator de impedanță care lucrează în raportul 1 : 4.

Pentru alte unghiuri și distanțe poate rezulta o altă rezistență de intrare și atunci între linia de alimentare și dipol se pot introduce oricare dintre dispozitivele de adaptare și simetrizare ce se vor arăta într-unul din subcapitolele următoare.

## 3. Antene de bandă largă

În diverse împrejurări, cum ar fi acelea de recepție la distanțe medii, se utilizează o aceeași antenă cu care să se poată recepționa mai multe canale de televiziune, chiar o bandă întreagă sau o bandă de televiziune și programul de radiodifuziune cu modulație de frecvență, toate benzile inferioare de la 50 la 200 MHz sau pentru viitor benzile *IV* și *V*. Antenele care realizează astfel de benzi de valoare mare sînt de mai multe tipuri. Cele formate din elemente radiante, asociate cu elemente parazite, realizează o bandă mai largă cu un cîștig mai coborît, deci cu o directivitate puțin pronunțată, iar altele de construcție specială, cum ar fi antenele rombice, antena spirală, elicoidală, antena dublă în formă de V, antena logaritmică etc., realizează o bandă largă (ajungînd pînă la raportul dintre frecvența maximă și minimă de 10 : 1), dar în același timp și un cîștig de valoare ridicată pe baza unei directivități mai pronunțate.

### a. *Antene cu elemente pasive*

Dacă se alege o antenă ca cea din fig. V.13, unde elementele active sînt dipoli în λ/2, dispuși la o distanță λ/2 unul de altul și la distanță de aproximativ 0,5 λ de peretele reflector, se poate obține o variație a cîștigului în banda de frecvențe de la 175 — 225 MHz practic neglijabilă, așa cum se vede din fig. V.14.

Alimentarea dipolilor se realizează prin legarea intrărilor lor cu o linie $\lambda/2$, la care nu se încrucișează conductoarele. Pentru ca dipolii să fie alimentați în fază, cablul de coborîre se introduce la mijlocul distanței. Trebuie ținut seamă că

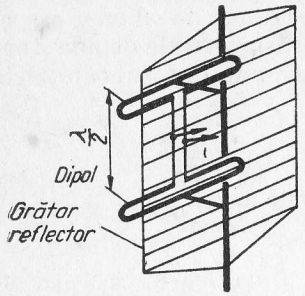



Fig.V.13. Antenă dipol cu două etaje cu reflector plan

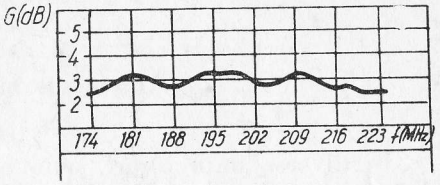



Fig. V.14. Cîștigul antenei din fig.V.13 în funcție de frecvență.

de la intrarea în fiecare dipol al antenei pînă în acel punct avem două linii $\lambda/4$ care vor transfera după proprietățile lor cunoscute rezistența de intrare a fiecărui dipol. Cele două rezistențe transferate apar în paralel în punctul intermediar, unde se face alimentarea, și de acest lucru trebuie ținut seamă la adaptarea cu fiderul. Reflectorul se poate realiza dintr-o serie de tuburi sau bare din fier, alamă sau aluminiu, fixate rigid pe un suport și la distanță mai mică decît 0,1 $\lambda$ unele de altele. Distanța fiind mult mai mică decît lungimea de undă, reflectorul se va comporta ca o placă continuă.

b. *Antenă dublă în V*

Această antenă se realizează conform fig. V.15. Cu o astfel de antenă se poate acoperi banda de frecvențe de la 50 — 250 MHz dacă se alege unghiul $\varphi$ de circa 70° și $l = 2\lambda$ la $f = 200$ MHz. În această situație cîștigul care rezultă este destul de coborît (4 dB). Se poate dimensiona însă antena prin mărirea lungimii laturilor și prin micșorarea unghiului, bineînțeles cu scăderea benzii, deoarece bandă



mare și cîștig ridicat nu se pot obține simultan. Așa, de exemplu, dacă se lungesc ramurile antenei la $l = 8\lambda$, cîștigul ajunge la 9 dB, dar cu prețul scăderii benzii. Același efect îl are și micșorarea unghiului $\varphi$ care, dacă se ia de 40 — 50°, conduce la un cîștig de 8 dB în banda *III*.

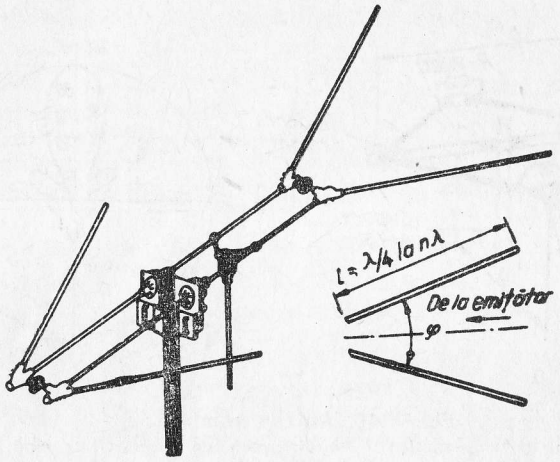



Fig. V.15. Antenă dublă în V.

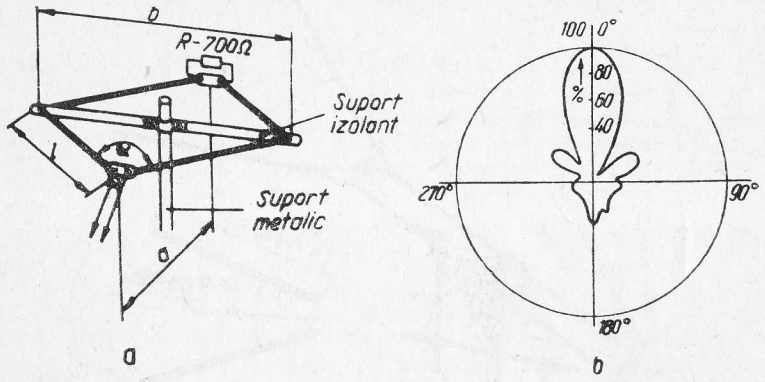
Această antenă, care acoperă foarte bine benzile *I*, *II*, *III*, lucrează cu ambele elemente radiante alimentate în paralel. Banda de trecere scade de la frecvențe joase la frecvențe înalte (din banda *I* către banda *III*) în raportul 1 : 4. Cîștigul crește în raportul 3 : 1 în același domeniu de frecvență.

Variația rezistenței de intrare nu este prea mare, așa că alimentarea cu o linie de 240 — 300 Ω, legată la cele două tije orizontale care susțin mecanic și alimentează antenele, este satisfăcătoare.

Alimentarea antenei se face cu o linie bifilară sau cu un cablu coaxial, după simetrizare, într-un punct pe linia care este în același timp și dispozitivul de susținere al antenei. Linia de susținere trebuie să fie izolată de suportul vertical.

c. *Antena rombică*

Antena rombică se utilizează și la frecvențe foarte înalte, deoarece este o antenă cu care se poate recepționa o bandă largă. Din cauza dimensiunilor care depind de lungimea de undă este însă convenabilă în benzile *III*, *IV* și *V*. Pentru




a b

Fig. V.16. Antena rombică:
*a* — detaliu de construcție; *b* — diagrama de directivitate cînd $a/b = 2/\ell$ și $a = 4{,}5\ \lambda$.

o antenă la care dimensiunile sînt cele din fig. V.16, *a*, se realizează o caracteristică de directivitate care conduce la un cîștig de 16 dB și un raport față-spate de 18:1.

În benzile superioare, chiar la dimensiuni mari ale laturilor sau diagonalelor — 5 — 6 λ, lungimile conductoarelor rezultă de 1 — 1,5 m și se pot construi din tije metalice cu diametre de 20 — 25 mm, care se fixează rigid pe traversa izolantă (fig. V.16, *a*), fără să mai fie nevoie de ancorări la vîrfuri, așa cum s-a arătat în unde scurte.

Impedanța de intrare este de 600 — 800 Ω. Alimentarea se poate face cu linie bifilară de 300 Ω sau cu cablu de 75 Ω și buclă U, punînd între acesta și intrarea antenei un transformator de impedanță cu linie $\frac{\lambda}{4}$. Acest transformator lucrează însă într-o bandă îngustă de frecvență și atunci proprietățile de lucru pe o bandă largă ale antenei rombice



sînt inutile, dacă nu se poate asigura o adaptare bună în întreaga bandă.

Dificultățile legate de valoarea impedanței sale de intrare fac ca antena rombică să nu se utilizeze prea mult decît în benzi înguste în jurul unei frecvențe fixe, unde se asigură adaptarea cu mijloace simple; altfel sînt necesare cabluri speciale, cu $Z_0 = 150\ \Omega$ și cu transformator de impedanțe inductiv în raport 1/4 sau linii bifilare în aer calculate pentru $Z_0 = 600 - 800\ \Omega$.

d. *Antenă-schelet cu fantă*

Această antenă se prezintă în două variante, ca în fig. V.17

Ea reprezintă, de fapt, conturul unei fante care ar fi fost decupată într-o suprafață mare, metalică. Lățimea de bandă este mult mai mare la această antenă decît la dipolul

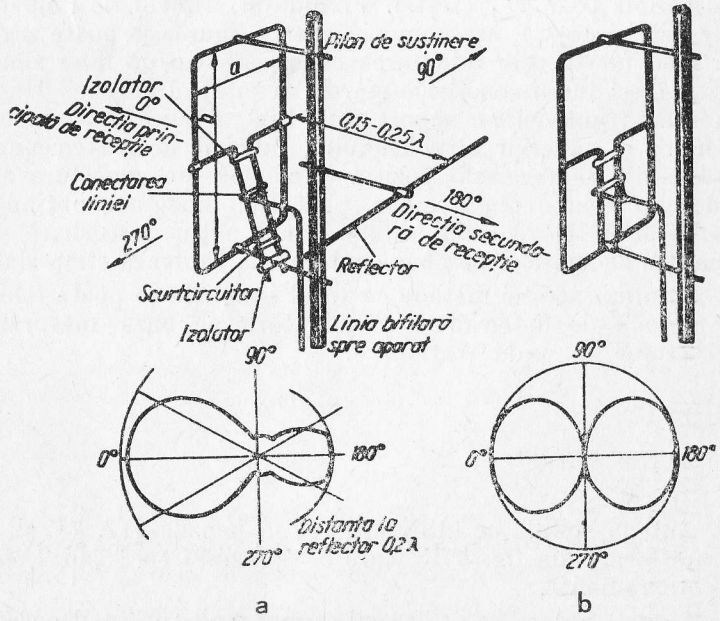



Fig. V.17. Antenă-schelet cu fantă și caracteristicile de directivitate în plan orizontal:
*a* — cu reflector; *b* — fără reflector.

obișnuit, deși la antena-schelet fără reflector, cîștigul este la fel ca la un dipol obișnuit, adică egal cu unitatea. Lățimea de bandă se poate aprecia în comparație cu lățimea de bandă a dipolului, la care se știe că aceasta crește cu cît dipolul este mai mare ca grosime. Lățimea fantei se consideră a fi egală cu de două ori grosimea unui dipol construit dintr-un tub. Deci, lățimea de bandă este foarte mare.

Înălțimea ramei este egală cu $\lambda/2$, $\lambda$ corespunzînd centrului benzii de recepționat, iar lățimea fantei se alege egală cu a treia parte din lungimea ei. Distanța la care se fixează reflectorul se ia, de obicei, egală cu $0{,}2\ \lambda$. Cu reflector se poate ajunge pînă la un cîștig de 5 — 8 dB. În funcție de variația dimensiunilor $a$ și $b$ se poate obține variația impedanței de intrare în antenă între 10 și 600 Ω, fără reflector și 10 și 300 Ω cu reflector. La dimensiuni $a = 0{,}27\ \lambda$ și $b = 0{,}465\ \lambda$ rezultă $R_A = 200\ \Omega$, (în general mărind $a$ și micșorînd pe $b$, $R_A$ crește). Fixînd un trunchi de linie de lungime circa $\lambda/4$, așa cum se vede în figură, se poate regla în mod foarte ușor adaptarea cu oricare tip de fider simetric. Acest lucru constituie marele avantaj al antenei. După montarea antenei pe suport prin tije metalice, în punctul inferior și superior al scheletului, întrucît acolo tensiunea este nulă, se reglează poziția punctelor de conectare ale fiderului prin deplasarea lor, pînă cînd imaginea obținută pe ecranul televizorului este cel mai puțin perturbată de apariția zgomotelor ce apar cînd antena captează cîmp slab.

În afara acestei metode cu totul simpliste se poate folosi o metodă de determinare a adaptării pe baza măsurării factorului de undă staționară.

e. *Antena spirală*

Antena spirală se utilizează tot în benzile *III*, *IV* și *V* și are forma din fig. V.18, care o reprezintă cu 1 sau 2 elemente radiante.

Această antenă se utilizează cu mai mult succes, deoarece rezultă de dimensiuni mai mici și se poate face fără suporturi pentru întreaga bandă *IV* și *V*. Rezistența sa de intrare



este de circa 100 Ω, iar cîștigul poate ajunge destul de ridicat așa cum se vede din fig. V.19, depinzînd de numărul de spire ale elicei.

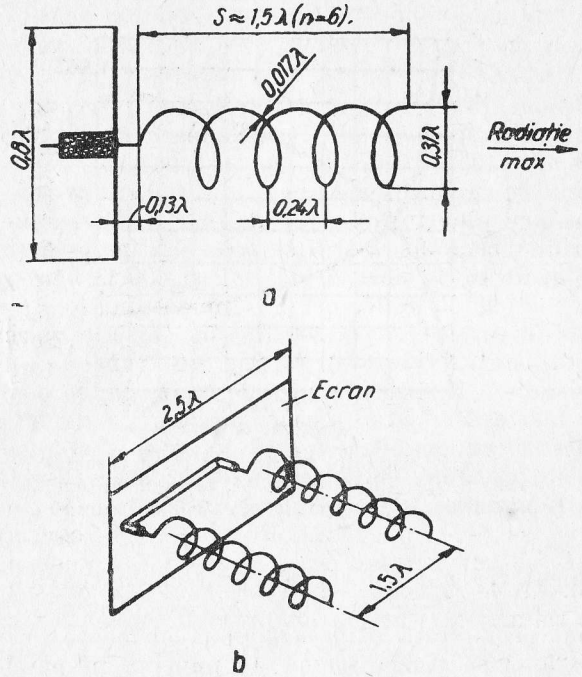



Fig. V.18. Antenă-spirală:
*a* — cu un element radiant; *b* — cu două elemente radiante.

Pentru calculul unei astfel de antene se folosesc relațiile:

$$G = 15\left(\frac{L}{\lambda}\right)^2 n\,\frac{\delta}{\lambda};\quad \varphi_0 = 52^\circ\,\frac{\lambda}{L}\sqrt{\frac{\lambda}{nS}};\quad R_i \cong 140\cdot\frac{L}{\lambda}\ (\Omega)$$

în care: $L$ este lungimea unei spire a elicei;

$S$ — lungimea antenei;
$\delta$ — pasul elicei;
$n$ — numărul de spire;

$\lambda$ este lungimea de undă;
$\varphi_0$ — deschiderea diagramei pentru jumătate din putere;
$R_i$ — rezistența de intrare.

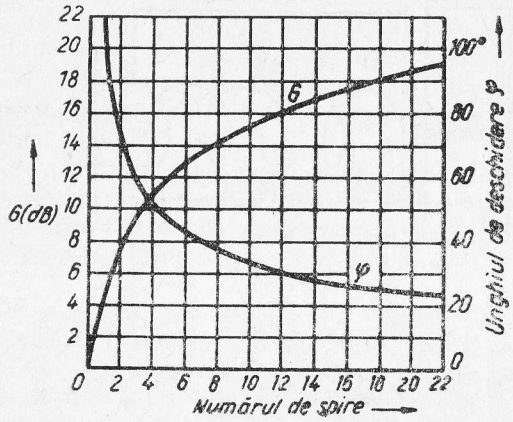



Fig. V.19. Unghiul de deschidere al caracteristicii de directivitate și cîștigul antenei spirale în funcție de numărul de spire.

Alimentarea antenei se face prin cablu coaxial. Pentru dispozitivul arătat în fig. V.18, *b*, care pentru o directivitate mai pronunțată utilizează două elemente excitate în fază, trebuie să ținem seamă de punerea în paralel, care se face la intrarea celor două elemente, pentru adaptare. Reflectorul se face sub formă de placă metalică circulară sau dreptunghiulară sau din plasă de sîrmă cu ochiuri mai mici decît 0,01 $\lambda$.

La o antenă spirală radiația este axială și polarizarea cîmpului este circulară sau, în general, eliptică. Pentru a fi într-adevăr eficace, ar trebui ca transmisiunea să se facă cu antene-perechi de acest tip (emisie și recepție). Acest lucru se practică însă numai în transmisiunile profesionale cu relee. În rest, deși emițătoarele obișnuite de televiziune dau cîmp polarizat liniar (în general în plan orizontal) la mare distanță de emițător, cîmpul apare polarizat tot eliptic. Acest rezultat se bazează pe faptul că pe un traseu



apar factori diferiți de propagare care dau pentru cîmp componente în ambele plane. Ca urmare a acestui fapt, antena spirală poate fi utilizată bine. Numai cînd polarizarea cîmpului produs de o antenă de emisie este perfect liniară, antena spirală dă rezultate slabe.

### f. *Antena logaritmică*

Antena logaritmică realizează recepționarea tuturor celor 12 programe de televiziune și se poate ajunge pînă la o lățime de bandă în care raportul frecvențelor să fie de 10 : 1, rezistența de intrare fiind 150 Ω, iar cîștigul de 8 dB. Ea se prezintă ca în fig. V.20.

Unghiul dintre cele două rame se alege de 45—60°.

Pentru ușurința realizării se preferă structura din fig. V.21 în care cea mai mare dimensiune se ia 0,525 $\lambda$, iar cea mai mică 0,375 $\lambda$.

Elementele paralele se fac din tuburi de 10—20 mm, trecerile între ele se asigură cu sîrmă lipită de 3—4 mm, iar alimentarea celor două ramuri se face ca în fig. V.22 cu cablu coaxial.

Dimensiunile sînt date pentru cele 12 canale. Tipul de antenă reprezentat în fig. V.22 se numește antenă cu dinți trapezoidali și este varianta de antenă logaritmică care se realizează mai ușor din punct de vedere constructiv.

### g. *Antena Quad*

Această antenă este o antenă realizată sub forma unui cadru de secțiune pătrată, avînd lungimea laturii egală cu $\lambda/4$ (fig. V.23). Numele îi derivă de la o antenă de acest gen, utilizată în asociere cu un cadru similar nealimentat cu rol de reflector în transmisiunile de radioamatori. Rezistența de intrare a unui cadru realizat din elemente subțiri (1—2 mm) este de circa 300 Ω, iar dacă țeava din care se realizează este de circa 20 mm, ea scade la 200 Ω.

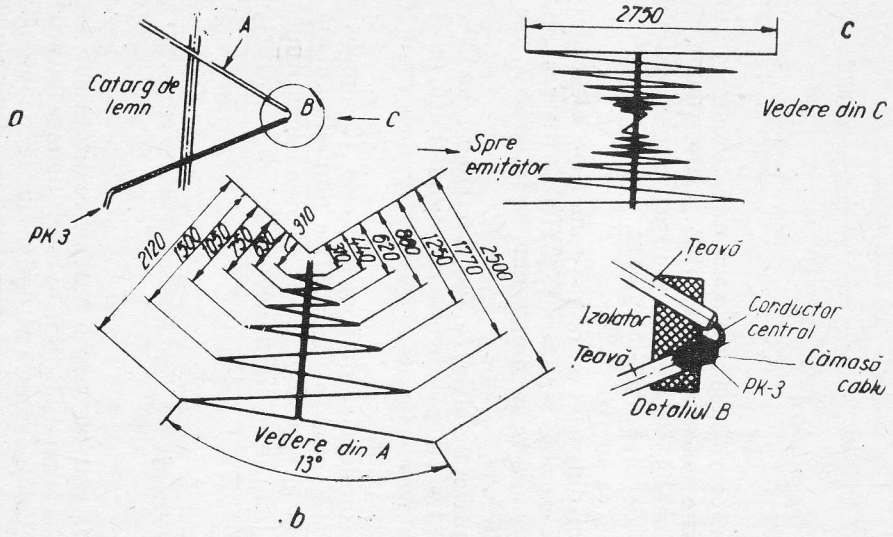



Fig. V.20. Antena logaritmică (zig-zag):
*a* — vedere generală laterală a suportului; *b* — vedere de sus (*A*); *c* — vedere din față (*C*).

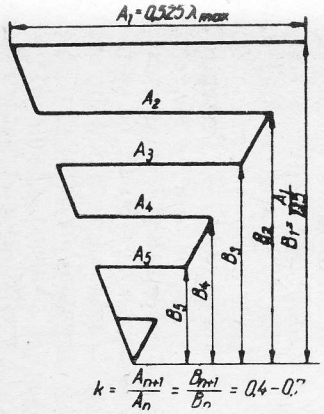



Fig. V.21. Relațiile între lungimea elementelor și între distanțele dintre elemente la o antenă logaritmică cu dinți trapezoidali.

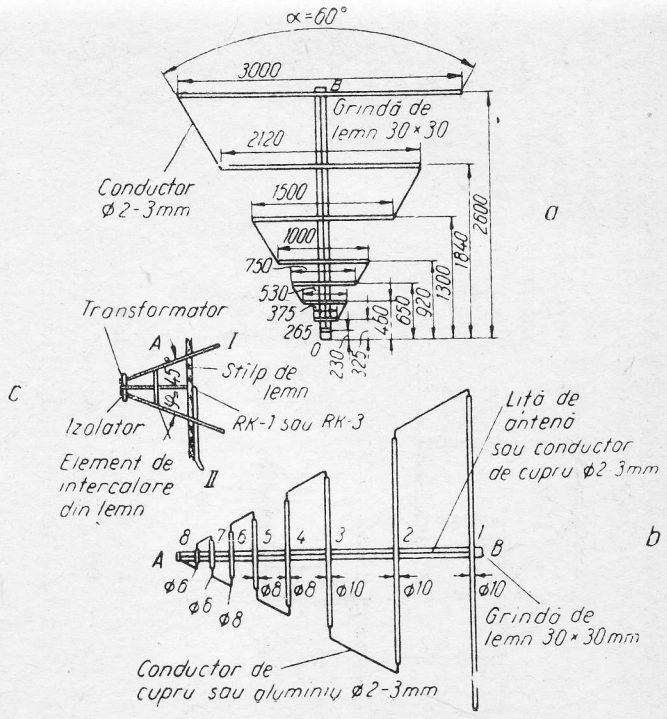



Fig. V.22. Antena logaritmică cu dinți trapezoidali pentru recepționarea celor 12 canale de televiziune:
*a* — lungimea elementelor și distanțe; *b* — diametrele elementelor; *c* — montarea pe suport (vedere laterală).

Cu reflector, cîștigul antenei poate ajunge la circa 7 dB, iar rezistența de intrare scade, putînd ajunge la 50Ω cînd cadrul reflector este plasat la o distanță de 0,1 λ de elementul activ. În general, dacă se notează cu $l_1$ lungimea totală a conductorului care formează elementul activ, ($l_1 = 4l_r$), cu $l_2$ lungimea totală a reflectorului ($l_2 = 4l_R$) și cu $d$ distanța dintre elementul activ și reflector, dimensiunile sînt date de relațiile:

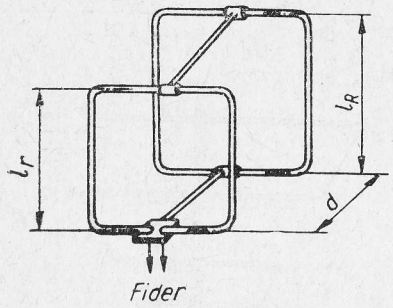


Fig. V.23. Antenă Quad (cadru) cu două elemente.

$$l_1 = \frac{300}{f}; \quad l_2 = \frac{300 \times 1{,}5}{f}; \quad d = \frac{60}{f}.$$

În legătură cu impedanța sa de intrare trebuie spus că $R_A$ scade de la 300Ω în același raport în care scade $R_A$ la dipolul $\frac{\lambda}{2}$ în funcție de $\frac{l}{d_c}$ (fig. II.6), iar la adăugarea reflectorului, o dată cu mărirea cîștigului scade rezistența de intrare în funcție de $d/\lambda$ la fel ca în cazul dipolului cu reflector (v. fig. V.6).

Ținînd seamă deci de $R_A$ rezultat la un anumit diametru și o anumită distanță la reflector trebuie aleasă linia de alimentare și modul de adaptare. Pentru a simplifica adaptarea se aleg diametrul conductorului cadrului $d_c$ și $d$ — distanța la reflector, așa ca să rezulte o impedanță la intrare de circa 70—80 Ω, ca alimentarea să se facă cu cablu coaxial obișnuit.

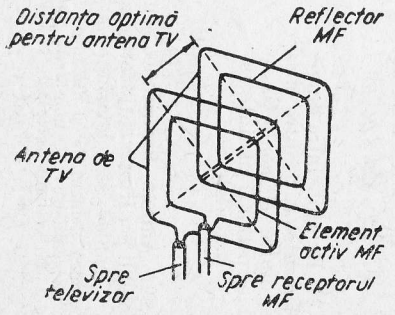


Fig. V.24. Sistem de antenă Quad pentru MF și TV.

Antena *Quad* se poate realiza asociat pentru televiziune și pentru modulație de frecvență, dispunînd mai multe cadre de dimensiuni diferite în același plan. În fig. V.24 se arată o antenă din cîte două cadre fiecare element, recep-



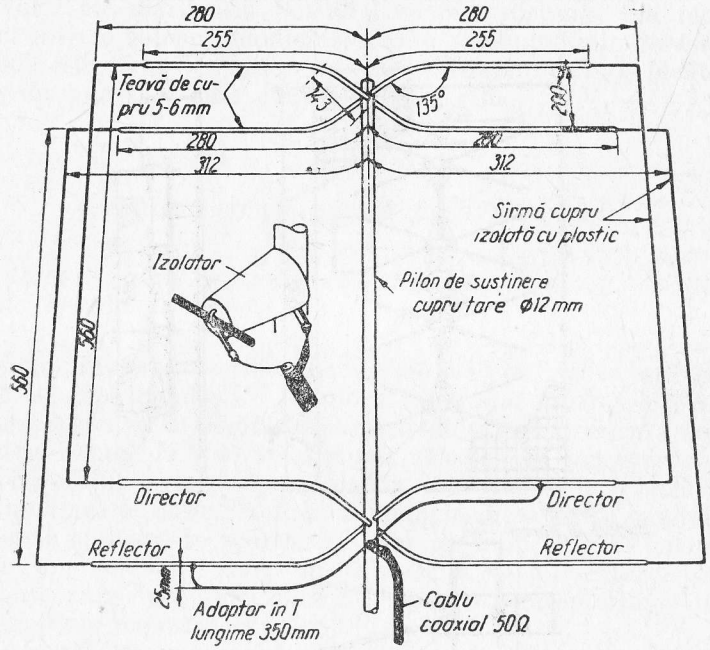


Fig. V. 25. Antenă Quad pentru radioamatori în banda 144—146 MHz.

ționîndu-se cu fiecare banda *I* și banda de modulație de frecvență. Aceste antene se utilizează și în banda de 144—146 MHz, unde au loc transmisii de radioamatori. O astfel de antenă se arată în fig. V. 25.

h. *Antena de bandă largă pentru benzile IV și V*

Pentru a asigura o recepție în întreaga bandă *IV*, *V* se poate utiliza o antenă de tipul celei arătate în fig. V.26

Elementele active se fac sub forma unor dipoli realizați din conductor cu diametrul de 10—12 mm, dispuși în patru

etaje, pentru a realiza o caracteristică de directivitate pronunțată în plan vertical. Alimentarea lor se face în fază pe baza răsucirii liniilor de alimentare la etajele extreme. Cablul de alimentare simetric, și care trebuie să fie adaptat

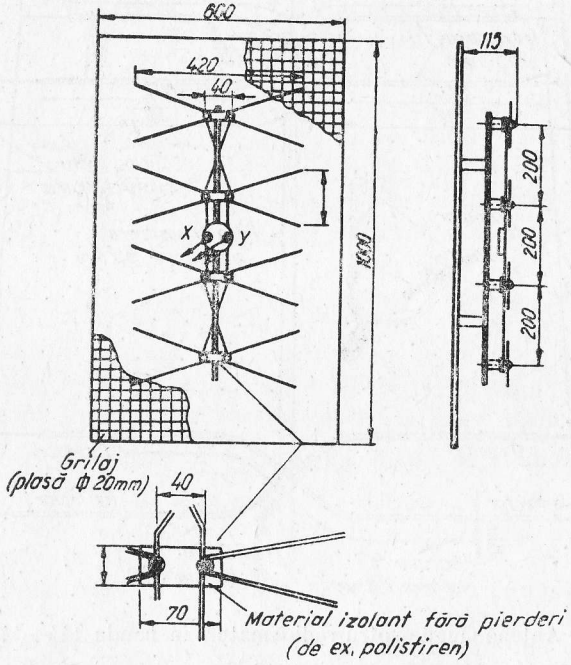



Fig. V.26. Antenă cu patru etaje cu reflector plan pentru benzile *IV* și *V* de TV.

la rezistența de intrare a antenei egală cu 240 Ω, se leagă în punctele *xy*. Dipolii, la care fiecare ramură se face în formă de V, pentru a realiza o bandă mare de frecvență, se fixează pe niște plăcuțe de material izolant și acestea, la rîndul lor, se fixează unele de altele cu ajutorul unor distanțiere, pe o tijă metalică. Această tijă se fixează prin sudare de o suprafață reflectoare plană, realizată dintr-un grătar de sîrmă la care ochiurile nu trebuie să fie mai mari



de 20 mm. Toate dimensiunile sînt date în fig. V.26. Fixarea acestei antene trebuie să fie foarte rigidă, în așa fel încît vîrful suportului ei de susținere să poată oscila din cauza vîntului cît mai puțin posibil (deoarece distanța cea mai mică între o valoare maximă și minimă a cîmpului în această bandă este 15 cm). Fixarea inițială a stîlpului trebuie făcută într-un punct în care cîmpul este maxim.

## 4. Antene simple pentru unde ultrascurte

### a. *Antene pentru interiorul casetelor de aparate de recepție*

În apropierea stațiilor de emisie se pot utiliza antene care să fie dispuse în interiorul casetelor aparatelor de recepție pentru radiodifuziune cu modulație de frecvență sau pentru banda *III* de televiziune. Acestea se pot construi din linie bifilară în material plastic, din care se ia o bucată cu lungimea de circa 800 mm, se îndoaie după forma casetei, capetele se leagă în scurtcircuit, iar la mijlocul ei se întrerupe un conductor unde se leagă linia de alimentare, tot bifilară, care duce la bornele de intrare ale receptorului. Un exemplu de realizare este dat în fig. V.27, *a*.

Această antenă se utilizează, în general, pentru receptoare de radiodifuziune cu MF. Pentru banda *III* de televiziune antena se realizează sub forma unor

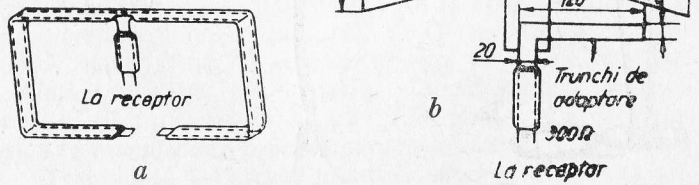



Fig. V. 27. Antene pentru casetă:
*a* — din linie bifilară; *b* — din staniol

trapeze din staniol sau hîrtie metalizată, dimensiunile, adaptarea și modul de alimentare fiind date în fig. V.27,*b*.

Ea se dispune de asemenea pe pereții interiori ai cutiei receptorului de televiziune.

b. *Antene de cameră*

Pentru programe cu modulație de frecvență ca și pentru televiziune se pot utiliza în apropierea emițătorului antene de cameră de tip telescopic ca cea din fig. V.28.

Reglajul lor se face în felul următor. Inițial se reglează lungimea celor două elemente ca fiecare să fie de aproximativ $\lambda/4$. De asemenea, unghiul dintre cele două ramuri se reglează inițial la circa 60°. După aceea, prin rotirea antenei și prin schimbarea din aproape în aproape a lungimii și unghiului în cele două sensuri în jurul valorilor stabilite inițial, se observă imaginea. Se consideră reglajul terminat în momentul în care imaginea prezintă contrastul cel mai puternic și contururile mai slabe ca strălucire, care repetă imaginea (fiind deplasate la dreapta imaginii principale) devin cel mai puțin vizibile.

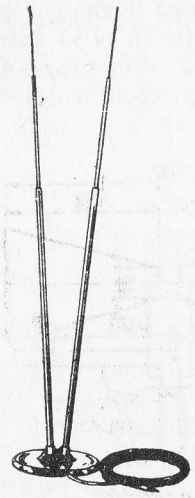


Fig. V.28. Antenă de cameră telescopică

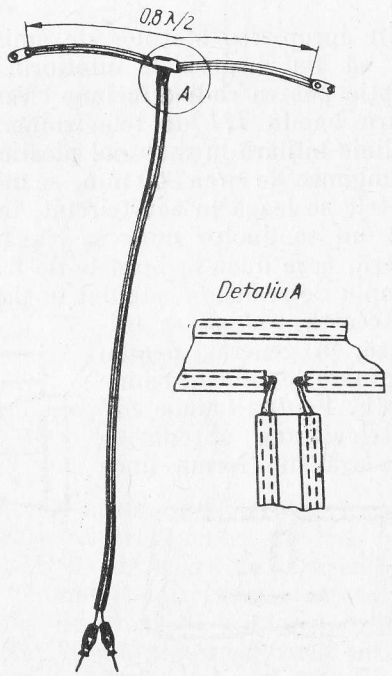



Fig. V.29. Antenă de cameră dipol realizată din linie bifilară.



Un alt tip de antenă de cameră este cel arătat în fig. V.29.

De asemenea, se pot realiza antene sub forma unui dipol în V, așa cum se vede în fig. V.30.

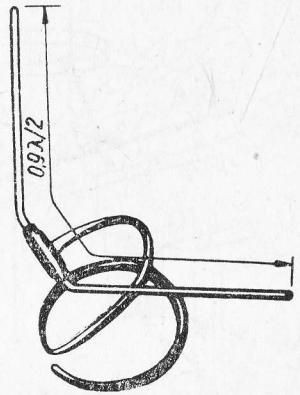



Fig. V.30. Antenă de cameră, dipol, destinată fixării pe televizor sau pe perete.

Antena din fig. V.30, are avantajul că se poate fixa și pe perete și pe televizor cu ajutorul suportului circular.

Pentru construcție se pornește de la lungimi ale ramurilor egale cu $\lambda/4$ și prin scurtare se caută obținerea unei imagini optime, așa cum s-a arătat și mai sus.

c. *Antene simple de exterior*

În multe cazuri, în vecinătatea emițătorului de televiziune, nu este nevoie de antene speciale înălțate deasupra clădirii. În aceste cazuri se folosesc antene care se montează la fereastra încăperii în care se află televizorul, pe balcon, pe peretele clădirii sau cel mult la streașina casei. În fig. V.31 se arată o antenă de tip dipol îndoit, de formă circulară, dispus pe streașină. Caracteristica sa de directivitate este practic circulară și se poate folosi foarte bine pentru recepționarea programelor cu modulație de frecvență.

Trebuie să se atragă atenția asupra următorului lucru în legătură cu recepționarea acestor programe: sensibili-

tatea receptoarelor de radiodifuziune cu MF este destul de ridicată, și, uneori, chiar cu o antenă obișnuită de cameră programul poate fi recepționat. Dar, transmiterea acestor programe se face cu ajutorul modulației de frecvență tocmai

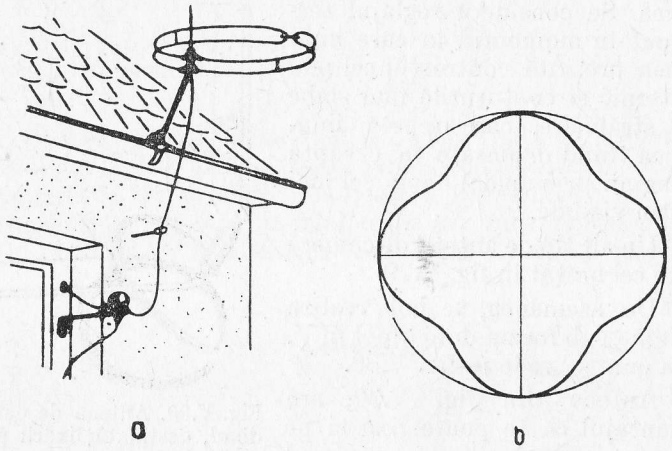



Fig. V.31. Antenă dipol îndoit circular (pentru MF) :
*a* — amplasarea antenei ; *b* — caracteristica de directivitate.

pentru a asigura o recepție de calitate mai bună decît în cadrul radiodifuziunii obișnuite pe unde lungi, medii sau scurte. De aceea, printre altele, și banda amplificatorului de joasă frecvență din receptor este mai mare ca și bineînțeles, banda de înaltă frecvență. Prima este dictată de o redare corectă a producțiilor muzicale — așa cum se ascultă ele într-o sală de spectacol — iar cea de-a doua este dictată de însăși folosirea modulației de frecvență. Dar, receptorul poate realiza o audiție de calitate numai atunci cînd se asigură la intrare un semnal util mai mare decît o anumită valoare. Numai în acest caz, un anumit etaj din receptor (etajul limitator) lucrează și elimină modulația parazită de amplitudine care apare datorită anumitor perturbații. De asemenea, audiția este clară atunci cînd semnalul este suficient de mare în raport cu tensiunile de zgomot, pentru ca acestea să nu apară în audiție sub forma unui fîșîit. Tot



în legătură cu perturbațiile, dacă se utilizează o antenă simetrică și un cablu adaptat și bine simetrizat sau ecranat, perturbațiile care pătrund pe această cale în receptor sînt mai mici. De aceea, chiar pentru programe de radiodifuziune cu MF trebuie să se instaleze o antenă așa cum s-a arătat în fig. V.31 la recepții apropiate, sau chiar antene cu cîștig mai ridicat cînd distanța se mărește puțin și nu trebuie de asemenea neglijate problemele de adaptare și simetrizare.

Controlul asupra realizării unei antene bune se face prin urmărirea audiției din care trebuie să lipsească perturbațiile sub formă de pocnituri și fîșîit.

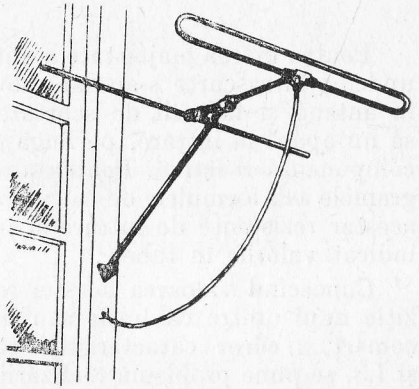


Fig. V.32. Antenă de TV pentru fixat de tocul ferestrei sau pe perete.

Un alt mod de a realiza o antenă în condiții similare, fie pentru MF, fie pentru televiziune, este arătat în fig. V.32.

Pentru a obține rezultate bune reflectorul se realizează astfel, încît să poată fi fixat la diferite distanțe față de radiator, iar radiatorul să poată fi rotit, eventual cu ajutorul unei tije care pătrunde în încăpere prin fereastră. Suporturile se pot face de lungime variabilă prin utilizarea unor țevi de diametre diferite care intră una în alta. Antena se rotește și se reglează distanța la reflector în jurul valorii 0,25 $\lambda$ ca și distanța întregului echipaj pînă la perete pînă în momentul în care se obține imaginea de cea mai bună calitate, care se apreciază la fel prin contrast maxim, definiție bună (apreciată pe mira de control printr-un număr cît mai mare de linii verticale-dispuse în centrul mirei-văzute distinct) și imagini parazite de strălucire cît mai mică.

## 5. Adaptarea antenelor de unde ultrascurte la liniile de alimentare

### a. *Generalități*

Pentru marea majoritate a antenelor utilizate în domeniul undelor ultrascurte s-au dat valorile rezistențelor de intrare în antenă și factorii de scurtare ai antenelor — pentru ca să nu apară la intrare, pe lîngă o componentă rezistivă și o componentă reactivă. Pentru altele dintre ele s-au dat diagramele sau formulele de calcul cu care se pot obține valorile acestor rezistențe de intrare și pentru unele dintre ele s-au indicat valorile în tabele.

Cunoscînd valoarea acestei rezistențe și avînd la dispoziție unul dintre cablurile sau liniile de care se dispune în comerț, a căror caracteristici sînt date în tabela I.1, I.2 și I.3, se pune problema realizării adaptării.

Unul dintre procedeele utilizate poate fi cel în Δ, așa cum s-a arătat în § IV.2, a. Pentru utilizarea acestui dispozitiv se folosește însă ca element radiant la antena respectivă un dipol simplu închis la mijloc. Dimensiunile date se referă însă numai la cazul în care linia de alimentare este de 600Ω.

Dacă se dorește să se fixeze dimensiunile pe baza formulelor și linia de fider are altă impedanță caracteristică, va trebui să se intercaleze între capătul dispozitivului Δ și linia de fider o linie de lungime λ/4, a cărei impedanță caracteristică (realizată așa cum s-a mai arătat printr-un anumit diametru al conductorilor și o anumită distanță între conductoare) să transfere impedanța de la valoarea de 600 Ω la valoarea impedanței caracteristice a fiderului. Dacă nu se mai face apel la formule și acest lucru este obligatoriu în situația în care antena are o structură mai complicată (și rezistența de intrare echivalentă în elementul radiant, modificată de prezența celorlalte elemente pasive, nu se mai cunoaște), este necesar să se utilizeze pentru realizarea adaptării un dispozitiv de determinat factorul de undă staționară sau un dispozitiv reflectometric. Se începe apoi reglajul dis-



pozitivului Δ (fig. V.33), — lungimea și deschiderea lui — pînă în momentul în care se realizează adaptarea constatată pe baza criteriului de factor de undă staționară minim (v. § VI.2).

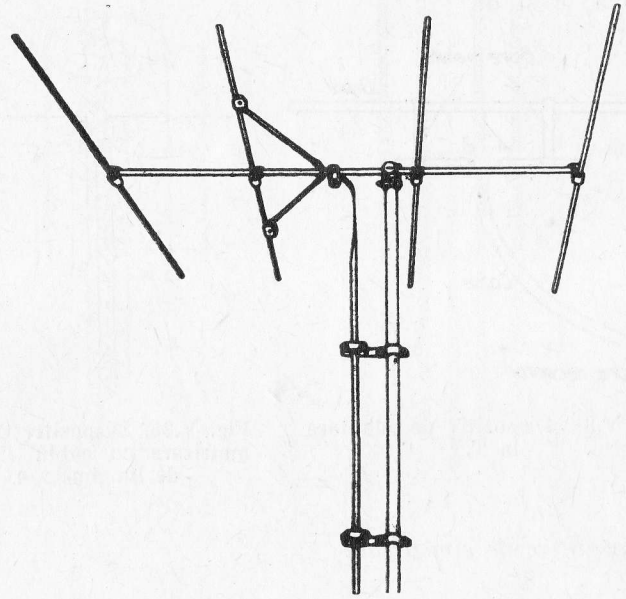


Fig. V.33. Dispozitiv de adaptare în Δ, montat pe suportul antenei.

Un alt dispozitiv este cel care utilizează o linie de lungime λ/4 ca transformator de impedanță.

O altă posibilitate este să se utilizeze un dispozitiv de adaptare numit T, așa cum se arată în fig. V.34.

Distanța între dipol, care trebuie să fie și în acest caz închis la mijloc și elementul orizontal al T-lui, se ia egală cu 0,01 λ, iar distanța dintre barele care culisează pe dipol se reglează pînă în momentul în care se obține adaptarea, urmărind același procedeu ca în cazul adaptării cu dispozitiv Δ.

Dacă instalația respectivă este o instalație de emisie, se pot utiliza procedeele de adaptare (pe linia bifilară în aer pe care o are instalația, sau pe linia coaxială), utilizînd un trunchi de linie sau două trunchiuri, conform metodei de determinare a dimensiunilor și reglajului prezentate în § I. 5, a, c și d.

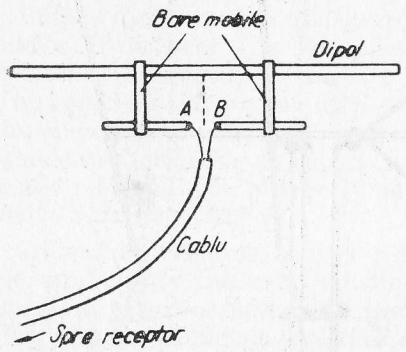



Fig. V.34. Dispozitiv de adaptare în T.

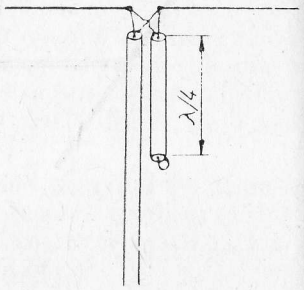



Fig. V.35. Dispozitiv de simetrizare cu cablu flexibil de lungime λ/4.

b. *Dispozitive de simetrizare*

În foarte multe împrejurări, deși antena este simetrică, se utilizează fideri formați din linii coaxiale, care sînt nesimetrici. Dacă impedanța caracteristică a fiderului este egală cu impedanța de intrare a antenei, cum este cazul cablului coaxial de 70 Ω și a dipolului simplu deschis la mijloc, atunci dispozitivul de simetrizare constă în introducerea unei linii coaxiale în scurtcircuit, la un capăt, avînd o lungime λ/4, legată în paralel pe fiderul principal, așa cum se arată în fig. V.35.

În aceste condiții se realizează schema echivalentă din fig. V.36, *b*. Simetrizarea se realizează pe baza introducerii unei rezistențe foarte mari, dată de impedanța liniei λ/4 în scurtcircuit, față de pămînt. Același sistem se poate realiza și cu un dispozitiv rigid, așa cum se arată în fig. V. 36, *a*.



Pentru a realiza o simetrie și mai bună se utilizează dispozitivul cu două linii λ/4 în scurtcircuit la cele două capete, așa cum se arată în fig. V.37, din care se vede în schema

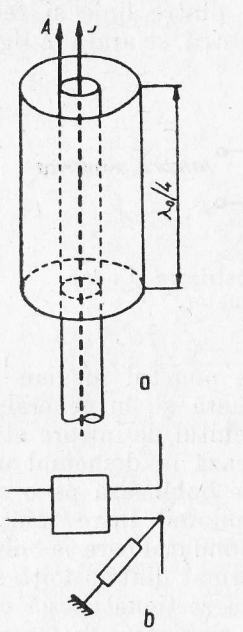



Fig. V.36. Dispozitiv de simetrizare cu pahar de lungime λ/4 :
*a* — vedere ; *b* — schema echivalentă (valabilă și la fig. V.35)

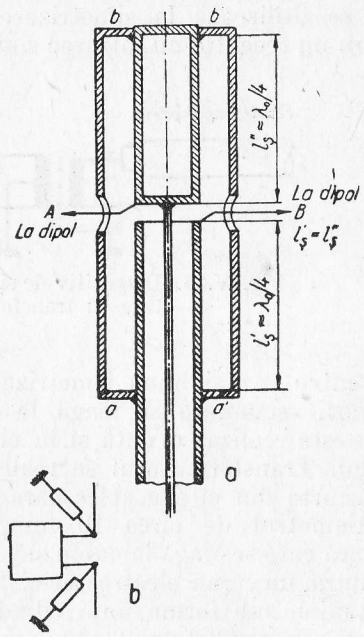



Fig. V.37. Dispozitiv de simetrizare cu pahar dublu :
*a* — secțiune prin paharul dublu ;
*b* — schema echivalentă.

echivalentă că apar, față de dipol, două rezistențe de valoare foarte mare față de masă (date de impedanțele de intrare ale celor două linii λ/4 în scurtcircuit).

Acest dispozitiv rigid este confecționat din alamă și se numește pahar dublu de adaptare, spre deosebire de paharul simplu arătat anterior.

Acest dispozitiv lucrează într-o bandă mai mare de frecvențe decît primul. Se poate realiza și sub forma unei

construcții în care fundurile pistoanelor *aa'* și *bb'* să poată fi reglabile pentru a realiza o simetrizare cît mai bună la frecvența de lucru.

Un dispozitiv de simetrizare sub formă de transformator, care se utilizează la simetrizarea dintre linie și receptor, pentru un receptor cu intrarea simetrică, se arată în fig. V.38.

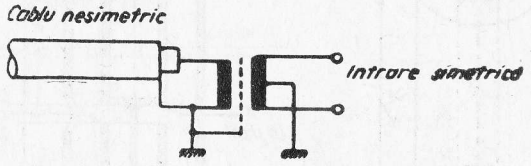



Fig. V.38. Dispozitiv de simetrizare și adaptare cu transformator.

Pentru o mai bună simetrizare punctul median al înfășurării secundare se leagă la masă și, în general, acest lucru este realizat o dată și în circuitul de intrare al receptorului. Transformatorul se realizează în domeniul undelor ultrascurte din cîteva spire care se bobinează pe o carcasă cu diametrul de circa 10 mm, punînd între înfășurarea primară care se leagă la cablu și secundarul care se bobinează deasupra, un ecran electrostatic, format dintr-o foiță subțire de staniol, sub forma unui cilindru secționat după o generatoare, în așa fel încît să nu se prezinte sub forma unei spire în scurtcircuit.

Raportul $n$ dintre numărul de spire ales în primar și cel ales în secundar se ia egal cu $n^2 = R_i/Z_f$, $R_i$ fiind rezistența de intrare în receptor și $Z_f$ impedanța caracteristică a cablului coaxial. În acest mod se realizează, pe lîngă simetrizare, și adaptare.

În mod concret la un raport de impedanțe $\frac{1}{4}$, raportul numărului de spire este de $\frac{1}{2}$. Pentru banda *I* în primar se bobinează circa 15 spire din conductor de CuEm cu diametrul de 0,15 mm. Lungimea bobinajului se face de 25—30 mm. Între ecran și bobinaje (secundarul deasupra) se pun straturi de hîrtie de 0,2 mm.



Un alt dispozitiv de simetrizare utilizînd cabluri flexibile, ca cel de fider, este prezentat în fig. V.39, pentru dimensiuni ale segmentului de cablu de $3\,\lambda/4$, respectiv $\lambda/4$. Se asigură alimentarea simetrică a celor două ramuri ale dipolului prin diferența de $\lambda/2$ care apare pe cele două segmente. În ceea ce privește adaptarea, ea este asigurată.

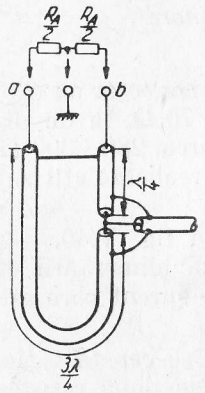



Fig. V.39. Dispozitiv de simetrizare care nu schimbă impedanțele, realizat cu cablu coaxial.

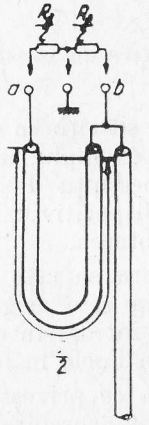



Fig. V.40. Dispozitiv de simetrizare cu cablu coaxial (buclă U), care schimbă impedanțele.

Considerînd rezistența de intrare în dipol $R_A$ între punctele $a$—$b$ și admițînd că la capătul fiecărui cablu se aplică ca sarcină între conductorul central și pămînt o rezistență $R_A/2$, aceasta se va transfera prin intermediul celor două cabluri în $\lambda/4$ după relația $R_i = Z_0^2/\frac{R_A}{2}$.

$R_A = Z_0$ și acest lucru este adevărat, deoarece impedanța de intrare într-un dipol deschis este de aproximativ 70 Ω și impedanța caracteristică a cablurilor utilizate este tot de 70 Ω.

Deci, la intrarea fiecărui segment vom avea $R_i = Z_0^2/\frac{Z_0}{2} = 2\,Z_0$. Prin punerea în paralel a acestor două rezis-

tențe rezultă tocmai o valoare $Z_0$, care constituie sarcina fiderului principal, adaptarea fiind în aceste condiții realizată.

Lungimea segmentelor trebuie corectată cu valoarea $1/\sqrt{\varepsilon_r}$.

Lipiturile în punctul de joncțiune se efectuează așa cum se arată în fig. V.39 și se închid într-un înveliș din material protector rezistent la intemperii.

### c. *Dispozitive de simetrizare și adaptare*

Pentru situația în care avem de conectat un cablu coaxial avînd, de exemplu, impedanța de 70 Ω, la un dipol închis avînd impedanța de intrare de circa 280—300 Ω se utilizează un dispozitiv care trebuie să realizeze atît simetrizarea cît și adaptarea.

Structura sa este prezentată în fig. V.40.

Simetria este asigurată în baza alimentării celor două puncte de intrare în antenă cu un curent care este defazat cu $\lambda/2$ prin bucla în formă de U.

În ceea ce privește adaptarea, se repetă raționamentul anterior, cu deosebirea că acum cele două rezistențe $R_A/2$, în care admitem că împărțim sarcina, nu se mai reflectă în punctul $b$ cu altă valoare, deoarece linia de lungime $\lambda/2$ nu transformă impedanțele. Atunci, prin punerea în paralel în punctul $b$ a două rezistențe de valoare $R_A/2$ se obține valoarea $R_A/4$. Dacă $R_A$ este așa cum s-a arătat de valoarea 280 Ω, valoarea reflectată la intrare este de patru ori mai mică și se ajunge astfel la 70 Ω, valoare care trebuie să fie tocmai simțită ca sarcină de cablul coaxial, ca acesta să fie adaptat.

Acest dispozitiv se utilizează la fel de bine și la adaptarea unui cablu coaxial la intrarea unui receptor simetric avînd rezistența de intrare de 300 Ω. În această situație punctele $a—b$ vor fi punctele de intrare în receptor.

Aceste dispozitive cu cabluri coaxiale flexibile nu pot asigura însă adaptarea într-o bandă mare de frecvență (ca și simetrizarea de altfel), deoarece lungimea liniei $\lambda/2$ sau $\lambda/4$ a dispozitivului descris anterior nu este aceeași la toate frecvențele.



Un dispozitiv care asigură simetrizarea și transformarea de impedanțe, și care se poate utiliza într-o bandă largă de frecvențe, este dispozitivul prezentat în fig. V.41.

În această schemă, bobinele respective, cuplate unele cu altele, se comportă într-un mod special, datorită faptului că bobinajul se execută bifilar, realizînd un factor de cuplaj

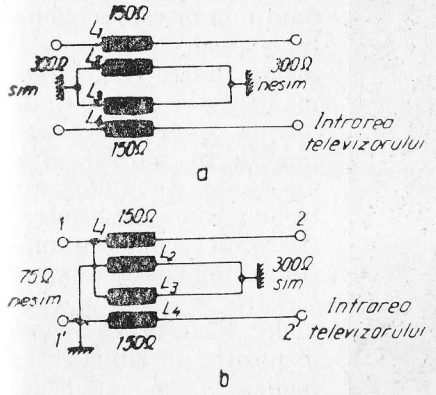



Fig. V.41. Simetrizori-adaptori inductivi:
*a* — schema electrică pentru impedanțe egale; *b* — schema pentru impedanțe în raport 1/4.

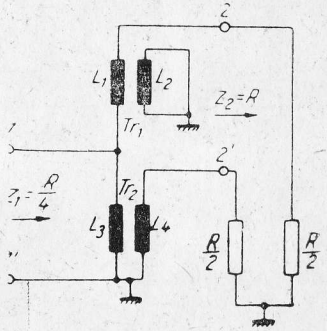



Fig. V.42. Schema echivalentă a simetrizorului-adaptor inductiv.

$K = 1$. În aceste condiții, dispozitivul se comportă ca un transformator la care se reflectă dintr-o parte într-alta numai rezistențe. Pentru înțelegere să privim fig. V.42, în care este redesenată schema din fig. V.41, *b*. Dacă numărul de spire este egal în fiecare înfășurare, inductanțele vor fi egale.

Ținînd seamă de faptul că prin bobinaj bifilar se realizează $K = 1$, înseamnă că inductanțele care se reflectă dintr-o parte într-alta sînt egale cu celelalte și de semn schimbat. Inductanța echivalentă se anulează atunci și intervin doar rezistențele. Privind schema ca o schemă de autotransformator și avînd o sarcină pe care o aplicăm cu jumătate din valoarea ei ($R/2$) totală pe fiecare înfășurare (acest lucru este valabil atunci cînd sarcina are un punct median la masă, adică este simetrică), rezultă că la bornele

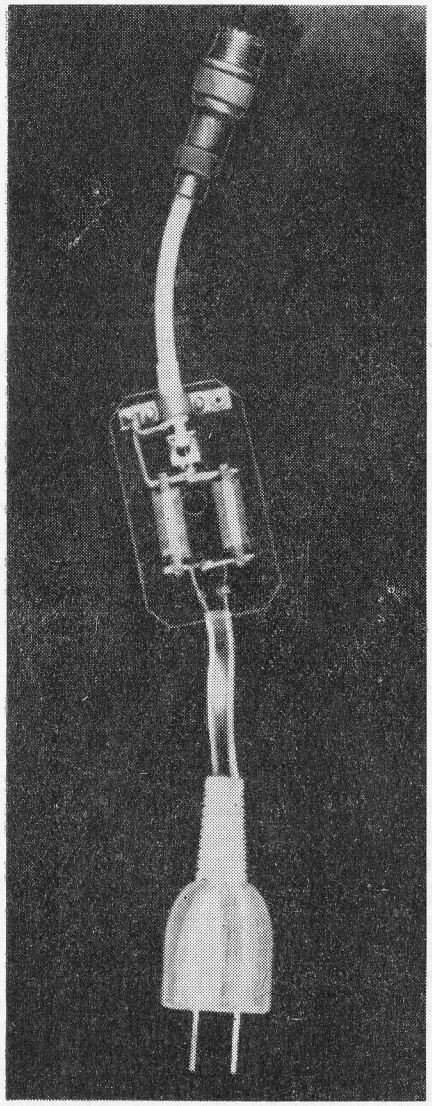


Fig. V.43. Simetrizor-adaptor inductiv de la 75/300 Ω (Orion)

de intrare apar în paralel cele două mărimi. Rezistența simetrică poate fi realizată de intrarea receptorului sau de antenă, iar cea nesimetrică este realizată de impedanța de intrare a cablului coaxial. Notînd cu $R$ prima dintre ele, înseamnă că la bornele de intrare vom avea după punere în paralel $R/4$. Ca să existe adaptare, trebuie ca această valoare să fie egală cu mărimea impedanței caracteristice a cablului coaxial. Rezultă că acest dispozitiv de simetrizare realizează și adaptare pentru situația în care impedanța caracteristică a cablului și rezistența de intrare a antenei sau receptorului se află în raportul 1 : 4. Acest dispozitiv se folosește, atît de la antena sub formă de dipol îndoit la cablu coaxial cît și de la cablu la receptor (în ambele situații cablul are $Z_0 = 70\ \Omega$ și antena sau receptorul, 280—300 Ω).

Cînd se pune problema adaptării într-o bandă largă de frecvență acest dispozitiv se utilizează în exclusivitate,



deoarece sistemele de adaptare și simetrizare cu cabluri coaxiale nu realizează acest deziderat, ele funcționînd bine numai pe o plajă relativ restrînsă de frecvență, de întinderea unui canal de televiziune.

În fig. V.43 se dă un exemplu de realizare practică pentru astfel de dispozitive.

Bobinajele sînt din conductor de CuEm sau CuEm + + mătase, cu diametrul de 0,15 mm și se execută pe două bare din material izolant de calitate, avînd diametrul $\phi = 8 - 10$ mm și lungimea de maximum 60 mm (materialul poate fi polietilenă, polistiren). Pentru a evita apropierea spirelor unele de altele, pe aceste carcase se practică niște șanțuri, care reprezintă de fapt un profil de filet cu două începuturi cu pas de 1 mm. Pe una dintre elicile formate se introduce un bobinaj, iar pe cealaltă elice al doilea bobinaj (fiecare din 30 — 40 spire), în așa fel, încît spirele unuia și ale celuilalt sînt intercalate unele în altele la distanțe egale. Capetele bobinelor se leagă conform schemei electrice din fig. V.41. Alte detalii se pot lua din fig. V.43.

Se poate realiza adaptorul cu conexiuni rigide și carcasa în care se introduce poate fi metalică, spre deosebire de modelul arătat în fig. V.43, unde transformatorul respectiv se introduce într-o casetă din material plastic. Carcasa metalică oferă avantajul că, fiind legată la masă, asigură protejarea și ca ecran, în afară de protejarea la intemperii (fig. V.44).

Se pot realiza adaptoare sau adaptoare și simetrizatoare cu ajutorul rezistențelor. De exemplu, dacă se dorește să se adapteze și să se simetrizeze un cablu avînd impedanța caracteristică de 75 Ω cu un receptor avînd impedanța de intrare de 300 Ω, se poate folosi un adaptor în U (o jumătate de T simetric) așa cum se vede din fig. V.45. Simetrizarea intrării receptorului nu este perfectă, deoarece între fiecare dintre bornele lui de intrare și masă nu apare o rezistență egală. Pe o cale de la borna la masă avem rezistența $R_1$ în serie cu $R_3$ și $Z_0$ dispuse în paralel iar pe cealaltă cale numai $R_2$. Pentru acest motiv este bine, dacă este posibil, ca rezistența $R_2$ să se ia totdeauna egală ca valoare cu jumătate din impedanța de intrare a receptorului, iar celelalte să se determine astfel, încît să fie egale tot cu jumătatea valorii.

Fiind vorba însă de dispozitive de adaptare rezistive, acestea vor realiza și o atenuare, așa încît dacă pornim alegerea elementelor de la valoarea lui $R_2$ impusă, va trebui

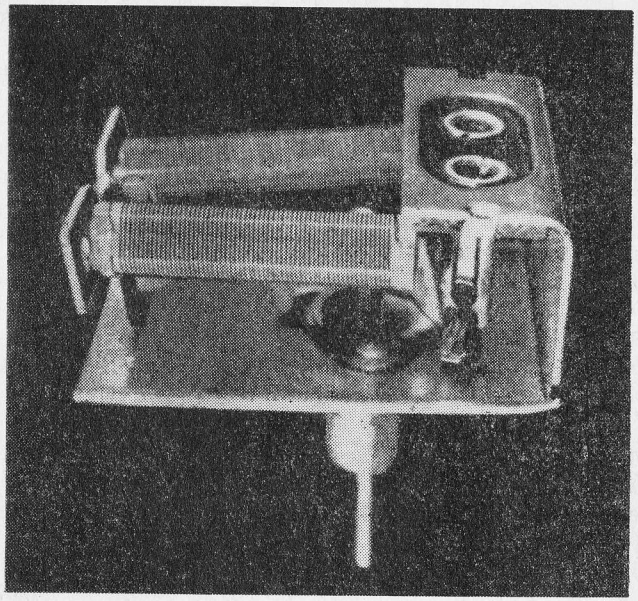


Fig. V.44. Simetrizor-adaptor 75—300 Ω (U.R.S.S.).

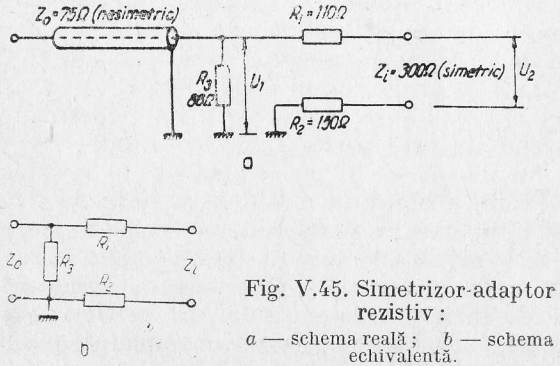



Fig. V.45. Simetrizor-adaptor rezistiv:
*a* — schema reală; *b* — schema echivalentă.



să ne mulțumim cu atenuarea care rezultă. După schemă se vede că se pot scrie relațiile:

$$Z_i = R_1 + R_2 + \frac{R_3 Z_0}{R_3 + Z_0}; \qquad Z_0 = \frac{R_3(R_1 + R_2 + Z_i)}{R_1 + R_2 + R_3 + Z_i}.$$

Valorile elementelor căutate vor fi:

$$R_1 + R_2 = Z_i \sqrt{1 - \frac{Z_0}{Z_i}} = 260\ \Omega;$$

$$R_3 = \frac{Z_0}{\sqrt{1 - \frac{Z_0}{Z_i}}} = 86\ \Omega,$$

iar raportul tensiunilor va fi:

$$a = \frac{U_1}{U_2} = 1 + \frac{R_1 + R_2}{Z_i} = 1 + \sqrt{1 - \frac{Z_0}{Z_i}}.$$

Alegînd rezistența $R_2 = 150\ \Omega$, valoarea rezistenței $R_1$ va rezulta din mărimea determinată mai sus $R_1 + R_2$:

$$R_1 = 260 - 150 = 110\ \Omega.$$

Atenuarea care rezultă este egală cu $a = 1{,}87$.

Simetrizarea respectivă nu este însă totdeauna posibilă decît dacă $(R_1 + R_2) < 1/2\, Z_i$. Condiția generală pentru posibilitatea de simetrizare are forma $\frac{Z_0}{Z_i} \leqslant \frac{3}{4}$.

### d. *Atenuatoare*

În anumite situații, cînd cîmpul la locul de recepție este prea puternic, este necesar să se intercaleze între capătul cablului de coborîre de la antenă și intrarea în receptor un atenuator. Acesta are rolul de a reduce mărimea tensiunii la intrarea receptorului — pentru ca receptorul să nu fie saturat și să apară imagini cu contrast mult prea puternic sau să se deranjeze sincronizarea. Ca atenuatoare se utili-

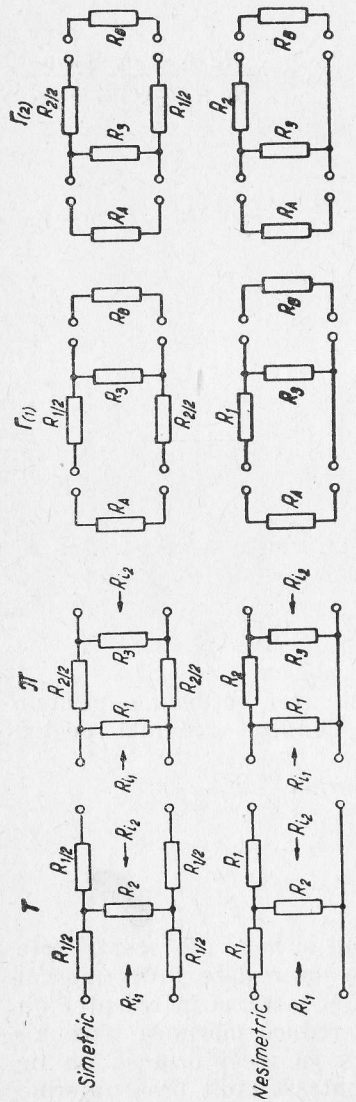



Fig. V.46. Structuri de atenuatoare.

zează celule rezistive în formă de L, U, T sau Π, simetrice sau nesimetrice. Aceste atenuatoare trebuie să asigure, evident, în afară de atenuarea semnalului într-un anumit raport $a$ și adaptarea în punctele respective. În fig. V.46 se arată diversele tipuri de atenuatoare care se pot utiliza.

— Pentru atenuatorul în T, formulele de calcul ale rezistențelor sînt:

$$R_{i_1} \neq R_{i_2};$$

$$R_1 = R_{i_1}\left[\frac{n^2+1}{n^2-1}\right] - 2\sqrt{R_{i_1} R_{i_2}}\left[\frac{n}{n^2-1}\right].$$

$$R_2 = R_{i_2}\left[\frac{n^2+1}{n^2-1}\right] - 2\sqrt{R_{i_1} R_{i_2}}\left[\frac{n}{n^2-1}\right].$$

$$R_3 = 2\sqrt{R_{i_1} R_{i_2}}\left[\frac{n}{n^2-1}\right].$$

$$R_{i1} = R_{i_2} = R_i;$$

$$R_1 = R_2 = R_i\left[\frac{n-1}{n+1}\right].$$

$$R_3 = 2R_i\left[\frac{n}{n^2-1}\right].$$



— Pentru atenuatorul $\Gamma_{(1)}$, formulele de calcul ale rezistențelor sînt:

$$R_A \neq R_B; \quad R_1 = \sqrt{R_A B_B}\left[\sqrt{\frac{R_A}{R_B}} - \frac{1}{n}\right].$$

$$R_3 = \sqrt{R_A R_B}\left[\frac{1}{n - \sqrt{\frac{R_A}{R_B}}}\right].$$

$$R_A = R_B; \quad R_1 = R_A\left[\frac{1}{n-1}\right].$$

$$R_3 = R_A\left[\frac{1}{n-1}\right].$$

— Pentru atenuatorul $\Gamma_{(2)}$, formulele de calcul ale rezistențelor sînt:

$$R_A \neq R_B; \quad R_2 = \sqrt{R_A R_B}\left[n - \sqrt{\frac{R_A}{R_B}}\right].$$

$$R_3 = \sqrt{R_A R_B}\left[\frac{1}{\sqrt{\frac{R_A}{R_B}} - \frac{1}{n}}\right].$$

$$R_A = R_B; \quad R_2 = R_A(n-1).$$

$$R_3 = R_A\left[\frac{n}{n-1}\right].$$

— Pentru atenuatorul Π, formulele de calcul ale rezistențelor sînt:

$$R_{i_1} \neq R_{i_2}; \quad R_1 = R_{i_1}\left[\frac{n^2-1}{n^2 - 2n\sqrt{\frac{R_{i_1}}{R_{i_2}}} + 1}\right].$$

$$R_2 = \frac{\sqrt{R_{i_1} R_{i_2}}}{2}\left[\frac{n^2-1}{n}\right].$$

$$R_3 = R_{i2}\left[\frac{n^2-1}{n^2 - 2n\sqrt{\frac{R_{i_2}}{R_{i_1}}} + 1}\right].$$

$$R_{i_1} = R_{i_2} = R_i; \qquad R_1 = R_3 = R_i\left[\frac{n+1}{n-1}\right].$$

$$R_2 = \frac{R_i}{2}\left[\frac{n^2-1}{n}\right],$$

unde $n^2$ este raportul puterilor la intrare și ieșire.

Pentru cazul în care linia și impedanța de intrare au aceeași valoare, formulele simple care se utilizează curent sînt următoarele:

$$R_{1_T} = Z_0\frac{a-1}{a+1}; \qquad R_{1_\Pi} = Z_0\frac{a+1}{a-1};$$

$$R_{2_T} = Z_0\frac{2a}{a^2-1}; \qquad R_{2_\Pi} = Z_0\frac{a^2-1}{2a}.$$

Prin $a$ s-a notat raportul tensiunilor la intrare și ieșire.

În fig. V.47 se arată un atenuator care realizează o atenuare de $a \approx 10$ între antenă și receptor cînd impedanțele

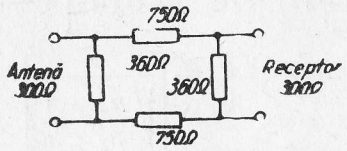



Fig. V.47. Atenuator-adaptor simetric în Π simetric.

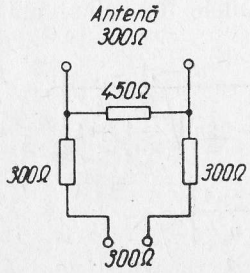



Fig. V.48. Atenuator rezistiv (atenuează în raportul 1/3).

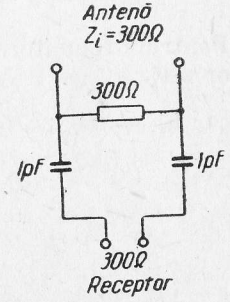



Fig. V.49. Atenuator cu rezistență și capacități.



la intrare și ieșire sînt egale cu 300 Ω. Trebuie să reținem că pentru atenuări mai mari decît 1 : 10 aceste atenuatoare nu mai dau rezultate bune întrucît capacitățile parazite ale rezistențelor șuntează la aceste frecvențe mari valorile rezistențelor. Pentru un raport 1 : 3 se arată atenuatorul în fig. V.48.

Un tip de atenuator simplu în care se utilizează capacități se prezintă în fig. V.49.

Pentru un canal de televiziune situat în vecinătatea frecvenței de 2 000 MHz, dacă se pune pe fiecare ramură o capacitate de circa 1 pF, care la această frecvență are o reactanță de 800 Ω, cu valoarea rezistenței din schemă de 300 Ω, se obține o atenuare egală cu $\approx 6{,}5$.

Atenuatoarele care utilizează însă capacități nu au o atenuare constantă în funcție de frecvență.

## 6. Antene asociate pentru recepția mai multor benzi

Pentru recepționarea mai multor programe sau benzi nu se utilizează totdeauna antene special dimensionate, pentru recepționarea unei benzi largi de frecvență. Se utilizează și soluția care prevede instalarea a două antene distincte — antene de tip obișnuit fiecare lucrînd într-o bandă, de exemplu, benzile *I* și *III* sau benzile *I* și banda de radiodifuziune cu MF etc.

De exemplu, se poate combina o antenă din doi dipoli îndoiți, de lungimi diferite, și un director, așa cum se arată în fig. V.50.

Dipolul de lungime mai scurtă se dimensionează, de exemplu, pentru unul din canalele benzii *III* de televiziune, iar cel de lungime mai mare — pentru banda de modulație de frecvență sau pentru unul din canalele benzii *I* de televiziune.

Dipolii sînt legați între ei printr-o linie bifilară.

Funcționarea este următoarea: pentru banda *III* dipolul cel mai scurt este element pasiv, dar dipolul de lungime mai mare se comportă ca un reflector. Antena este formată atunci dintr-un element activ, un reflector și director. Pentru

banda inferioară dipolul cel mai lung este element activ, şi lucrează cu doi directori. Distanţa între cei doi dipoli se alege de circa 0,25 λ, corespunzătoare frecvenţei canalului

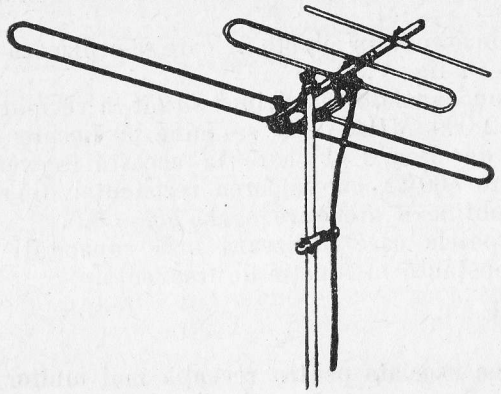


Fig. V.50. Antenă combinată pentru MF şi TV.

de recepţionat din banda *III*, iar distanţa de la director la dipolul cel mai scurt, de circa 0,1 λ. Efectuînd şi un reglaj al distanţei la care este plasat directorul şi al lungimii acestuia, se poate obţine pe linia de alimentare un factor de undă staţionară sub valoarea 2.

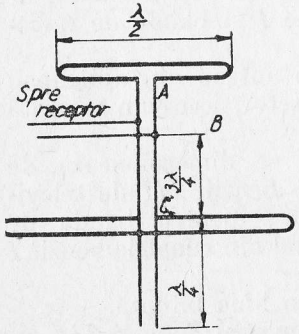



Fig. V.51. Dispozitiv de separare a două antene de TV lucrînd pe acelaşi cablu de coborîre.

Pentru a se reduce influenţa pe care o exercită fiecare din dipoli asupra celuilalt, influenţă care se manifestă prin realizarea unei adaptări imperfecte şi a unei modificări a caracteristicii de directivitate (deoarece chiar pe canalul pe care unul dintre dipoli este considerat ca îndeplinind un rol pasiv, el recepţionează, totuşi, emiţătorul de pe acest canal, şi aduce cu altă fază acelaşi semnal la capătul fiderului de coborîre); se cuplează cei doi



dipoli la linia de coborîre, aşa cum se prezintă în fig. V.51. Separarea se datoreşte faptului că linia de lungime λ/4, în gol, legată la intrarea dipolului dimensionat pentru recepţionarea unui canal din banda *I* scurtcircuitează bornele de intrare ale acestui dipol pentru frecvenţa corespunzătoare a canalului din banda superioară. Iar dacă de la acest dipol pînă la linia de coborîre se alege o lungime multiplu impar de λ/4, corespunzătoare tot cananalului superior, scurtcircuitul din punctul *C* se va manifesta la intrarea acestei linii, adică în punctul *B*, ca o impedanţă infinită care nu afectează dipolul cel scurt.

*CAPITOLUL VI*

# MĂSURĂTORI ŞI REGLAJE LA FIDERI ŞI ANTENE

## 1. Măsurarea tensiunii şi curentului

Pe antene, şi în special pe liniile de transmisiune, este necesar să se cunoască distribuţia de tensiune şi curent, deoarece din această distribuţie se poate deduce regimul de lucru, caracterizat de unde staţionare sau progresive, adaptare, simetrie etc. Determinarea acestor distribuţii este dificilă la frecvenţe înalte şi foarte înalte, deoarece nu se poate face cu aparate de măsură curente.

Dificultatea este dată de impedanţa de intrare a voltmetrului, care are o componentă rezistivă şi una reactivă — capacitivă. La frecvenţe foarte înalte impedanţa de intrare scade, în special din cauza reactanţei capacitive, care se micşorează şi a rezistenţei de pierderi. Atunci voltmetrul conectat în paralel pe un circuit amortizează circuitul pe de o parte şi pe de altă parte îl dezacordează. Evident, în aceste condiţii măsurătoarea este falsă. Chiar la cele mai bune voltmetre electronice apar probleme, deoarece la frecvenţe foarte înalte impedanţa de intrare a voltmetrului se

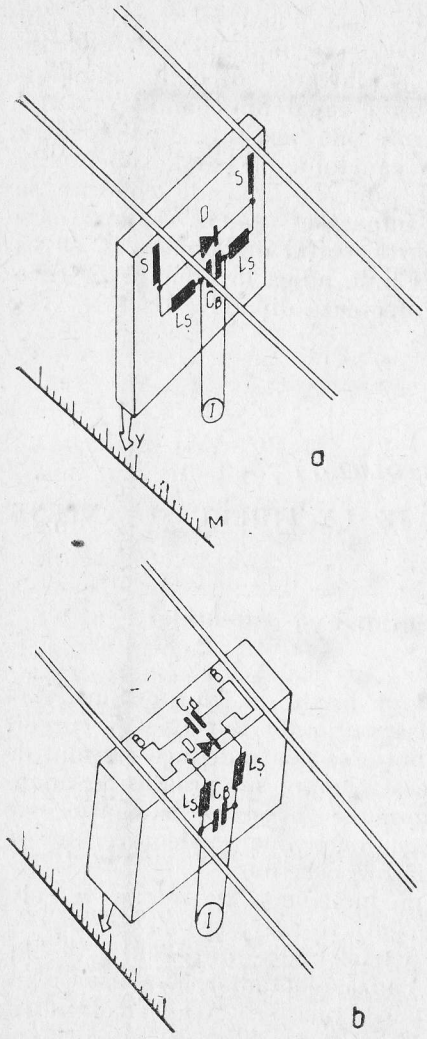



Fig. VI.1. Schema unor dispozitive pentru măsurarea tensiunii și curentului pe linii:
*a* — cu cuplaj capacitiv; *b* — cu cuplaj inductiv.

micșorează foarte repede, ca urmare a timpului de tranzit a electronilor în tub și din cauza inductanței catodului. În afară de aceasta mai intervine și capacitatea dintre electrozi și inductanța conexiunilor, care face ca admitanța de intrare să aibă o importantă componentă reactivă. Din această cauză se folosesc voltmetre electronice speciale sau, în lipsa lor, dispozitive de măsură cu o schemă aparte, dar care pot utiliza în componența lor și instrumente obișnuite.

Dacă se realizează un voltmetru electronic simplu, format dintr-o diodă detectoare semiconductoare (cu germaniu sau siliciu) și un instrument indicator obișnuit, și acest dispozitiv se cuplează slab cu linia de transmisiune, se poate face o măsurătoare fără să se influențeze în punctul în care se plasează dispozitivul, distribuția de curenți și de tensiuni, respectiv impedanța în acea secțiune.

Influența este mică, deoarece capacitatea unei diode semiconductoare



(care se alege de tip punctiform) este mică și capacitățile de cuplaj cu linia se aleg mici. În acest caz, aparînd în paralel pe linie o capacitate redusă de ordinul 0,5 — 1 pF, funcționarea liniei nu se modifică. Pentru alegerea cristalului detector trebuie să se țină seamă de curentul și, respectiv, tensiunea la care va fi supus în timpul măsurătorii.

În fig. VI.1 se prezintă cîteva dispozitive de acest fel, pentru măsurarea distribuțiilor pe liniile bifilare.

Primul dintre ele realizează un cuplaj capacitiv cu linia prin intermediul a două sonde $S$. În indicatorul respectiv intervine o diodă detectoare $D$, două bobine de șoc $L_ș$ și instrumentul respectiv (un instrument obișnuit pentru măsurarea curentului, avînd sensibilitatea de ordinul unui miliamper) în paralel cu un condensator de șuntare a tensiunii de radiofrecvență.

Al doilea dintre dispozitivele din fig. VI.1 realizează cu ajutorul a două bucle $B$ un cuplaj inductiv cu linia. Condensatorul $C_d$ s-a prevăzut pentru ca detectorul să nu fie scurtcircuitat din punct de vedere continuu.

Dispozitivul care utilizează sonde capacitive măsoară, la deplasarea pe linie, distribuția de tensiune, iar dispozitivul care utilizează cuplajul prin bucle măsoară distribuția de curent.

Pentru a reproduce, într-adevăr, distribuția corectă de tensiune sau de curent, poziția buclelor, respectiv a sondelor trebuie să fie totdeauna la distanță constantă față de linie. Pentru acest motiv se prevăd monturi care să se poată deplasa chiar pe linia de transmisiune, cuplajul rămînînd totdeauna fix.

Plăcile care culisează pe linie trebuie confecționate dintr-un material cu pierderi foarte mici.

În fig. VI.2 se prezintă un alt dispozitiv pentru măsurarea curentului pe linii bifilare, realizat tot pe baza cuplajului inductiv. Dimensiunea buclei depinde de frecvența la care se lucrează. Pentru indicatorul dat în figură, care lucrează pe o linie bifilară izolată în material plastic, lățimea buclei $b$ se ia egală cu distanța dintre conductoarele liniei, iar lungimea $l$ variază în funcție de frecvență.

În unde scurte lungimea este egală cu 10 cm sau mai mare, iar în domeniul undelor ultrascurte ajunge la 2—3 cm.

Pentru ca indicația aparatului să fie cît mai exactă (să reflecte curentul chiar din punctul considerat), lungimea buclei trebuie să fie, în general, foarte mică ($l \leq \lambda /100$). Această lungime se realizează cu atît mai greu, cu cît ne apropiem de frecvențe mai înalte, unde lungimea de undă

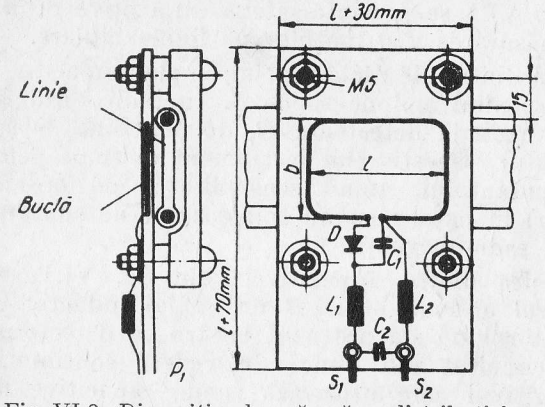



Fig. VI.2. Dispozitiv de măsură a distribuției curentului pe linii bifilare.

coboară la valori de zeci de centimetri sau chiar mai jos. De aceea, sistemul cu buclă pentru măsurarea distribuției curentului este limitat ca utilizare (pentru determinarea distribuției tensiunii care se face cu sondă capacitivă nu intervine această restricție).

Întregul dispozitiv se realizează dintr-un material dielectric de calitate. Pe plăcuța respectivă se montează dioda detectoare, bobinele de șoc $L_1$ și $L_2$ și condensatoarele de blocare $C_1$ și $C_2$.

Valorile lor sînt: pentru unde scurte $C_1$ este de ordinul zecilor de picofarazi ajungînd la unde ultrascurte la cîțiva picofarazi, iar $C_2$, la unde scurte de circa 1 000 pF, iar în unde ultrascurte de ordinul unei sute de picofarazi.

Bobinele de șoc în unde scurte trebuie să aibă valori cuprinse între 100 și 1 mH, iar în unde ultrascurte ajung la zeci de microhenri.

De la bornele de ieșire ale dispozitivului care culisează pe linie se merge cu cordoane flexibile, în general, răsucite



în formă de elice la instrumentul de curent continuu. Dacă linia de măsură este rigidă și poate suporta și greutatea instrumentului, atunci acesta se montează chiar pe echipajul care culisează pe linie.

Dispozitivul nu va reproduce liniar tensiunea sau curentul măsurat pentru faptul că cristalul detector care se utilizează are o caracteristică neliniară. În prealabil, deci, trebuie realizată o etalonare, care se poate face chiar pe linia de măsurat.

Situîndu-ne cu dispozitivul într-un punct de maxim, se măsoară curba de tensiune între două minime și se face corespondența cu o sinusoidă, știind că tensiunea pe linie trebuie să varieze sinusoidal. În această etalonare poate interveni însă o eroare.

Eroarea poate fi dată de un cuplaj prea strîns al dispozitivului de măsură cu linia și atunci distribuția pe linie se modifică din cauza impedanței pe care o reflectă în linie dispozitivul de măsurat. De aceea este bine să se realizeze un cuplaj cît mai slab posibil. În schimb, ca să mai putem avea o indicație va trebui ca instrumentul de curent continuu să fie cît mai sensibil cu putință.

Pentru a elimina încă o posibilitate de eroare dată de influența armonicelor tensiunii de pe linie se poate utiliza un dispozitiv care să fie acordat. Realizarea acordului se face prin introducerea unui condensator variabil care în UUS are valoarea de maximum 5 pF. Prin acord se elimină influența armonicelor asupra instrumentului. Același lucru se poate face într-un montaj simetric cu care să se măsoare tensiunea pe linie.

O altă posibilitate de a realiza un aparat de măsură este să se utilizeze sistemul din fig. VI.3, în care instrumentul conectat este un instrument termic. Condensatoarele respective trebuie să fie de valoare foarte mică (2 — 3 pF), pentru ca impedanța de intrare a dispozitivului să nu șunteze linia.

Dispozitivul se folosește atunci cînd se dispune de putere mare pe linie.

O altă posibilitate de a măsura tensiunea sau curentul pe o linie este de a utiliza dispozitive cu trunchiuri de linie (fig. VI.4).

Trunchiul de lungime $\lambda/4$ se conectează cu un capăt la linia de transmisiune și cu celălalt capăt la un miliampermetru termic, care avînd o rezistență foarte mică se comportă pentru linie ca și un scurtcircuit. Conform proprietăților liniei $\lambda/4$ la capătul celălalt, deci la locul de conec-

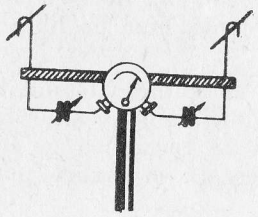


Fig. VI.3. Dispozitiv cu instrument termic pentru măsurarea distribuției de tensiune pe linii bifilare.

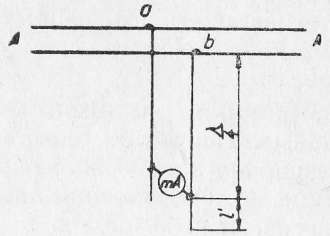



Fig. VI.4. Dispozitiv de măsură cu linie de lungime $\lambda/4$ în scurtcircuit.

tare pe fider, corespunde o impedanță teoretic infinită (practic foarte mare) și linia principală pe care se face măsurătoarea de tensiune nu va fi influențată. Pe linia în $\lambda/4$ apar unde staționare, linia fiind o linie rezonantă. Între tensiunea din locul de conectare și curent există relația: $I = U/Z_{0_{tr}}$. Deci există o proporționalitate directă între tensiunea pe fider și curentul respectiv. Din acest motiv scala miliampermetrului se poate grada direct în valori corespunzătoare tensiunilor de pe fider. Criteriul de alegere a impedanței caracteristice $Z_{0_{tr}}$ se bazează pe următoarele considerente:

— impedanța de intrare în voltmetru (intrarea în linie) este cu atît mai mare, cu cît rezistența miliampermetrului și atenuarea trunchiului $\alpha = \frac{R_{i_{tr}}}{2Z_{0_{tr}}}$ sînt mai mici, rezultă deci că este necesar un $Z_{0_{tr}}$ de valoare mare;

— din relația $I = U/Z_{0_{tr}}$ sensibilitatea dispozitivului, dată de un curent mare, crește cînd $Z_{0_{tr}}$ scade. Soluția este dată de un compromis. Se alege $Z_{0_{tr}}$ egal cu impedanța caracteristică a liniei principale pe care se execută măsurătoarea.



Din punct de vedere constructiv, trunchiul de linie în $\lambda/4$ se execută astfel, încît să poată culisa față de fider și miliampermetrul să poată culisa față de trunchi. Acest lucru se obține punînd la capătul trunchiului două cleme, deplasabile, iar miliampermetrul se fixează pe un scurtcircuit mobil format din două mici bare, tot deplasabile, care cu un capăt sînt fixate la bornele miliampermetrului și cu un capăt pe trunchi. Trebuie să se aibă grijă ca, contactele pe care le asigură aceste culise să fie de o calitate foarte bună (în special la cuplarea miliampermetrului cu linia).

Scurtcircuitul mobil, solidar cu miliampermetrul, trebuie să fie reglat pentru a se obține la instrument indicația minimă. Numai în aceste condiții lungimea trunchiului este egală cu $l = \lambda/4$ și impedanța de intrare a trunchiului este maximă.

Trebuie știut că $l'$ din figură (lungimea porțiunii din trunchi care rămîne în gol) trebuie să fie cît mai mică. Dacă acest lucru nu este asigurat, se poate întîmpla ca pentru o anumită frecvență $l'$ să ajungă egal cu un sfert de lungime de undă și instrumentul să fie șuntat de scurtcircuitul pe care-l prezintă la intrare această linie de lungime $l' = \lambda/4$ în gol. Cele arătate conduc la o gamă de lucru limitată a instrumentului.

## 2. Determinarea factorului de undă staționară

Factorul de undă staționară $\sigma$ pe o linie este necesar să fie determinat, deoarece dă o indicație asupra adaptării, asupra transferului de putere de la emițător la antenă sau de la aceasta la receptor, asupra reflecțiilor posibile etc. Cu ajutorul acestui factor se pot calcula rapid impedanțele de sarcină, respectiv de intrare în antenă — la emisie — sau de intrare în antenă sau receptor la o instalație de recepție.

Pentru determinarea sa există mai multe metode, care au la bază metodele de măsură descrise în continuare.

a) Se determină $\sigma$ măsurîndu-se distribuția tensiunii sau a curentului pe fider, știind că $\sigma = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{I_{max}}{I_{min}}$.

Dispozitivele de măsură și precauțiile de luat pentru o măsurătoare neeronată s-au arătat la paragraful precedent.

b) În anumite situații, cînd factorul de undă staționară depășește valoarea 2 — 3, măsurarea care utilizează metoda de determinare a tensiunilor maxime și minime nu mai este eficace. Într-adevăr, dacă $\sigma$ este mare și raportul $\frac{U_{max}}{U_{min}}$ va fi mare, și pe instrumentul dispozitivului de măsură se vor obține indicații foarte diferite. Dacă se va regla cuplajul dispozitivului cu linia și sensibilitatea instrumentului în așa fel, încît să se poată citi bine minimul pe scală, tensiunea maximă pe linie va da o indicație care nu mai poate fi cuprinsă pe scală.

La valori $\sigma \leqslant 5$ încă se mai pot obține — cu un reglaj corect, dar anevoios — ambele indicații pe scală, dar pentru $\sigma > 5$ este necesar să se utilizeze o altă metodă.

Se face o determinare a minimului de tensiune cu dispozitivul respectiv, astfel încît indicația corespunzătoare să fie către mijlocul scalei instrumentului. Se determină apoi distanțele pe fider la stînga și la dreapta punctului de minim ($d_0$ din fig. VI.5.) pentru care indicația instrumentului este egală cu $\sqrt{2}\ U_{min}$.

Valoarea factorului de undă staționară $\sigma$ va fi dată de expresia:

$$\sigma = \frac{\lambda}{2\pi d_0}.$$

Măsurătoarea se reduce, deci, la citirea a trei tensiuni: $U_{min}$ și de două ori $\sqrt{2}\ U_{min}$ și a unor lungimi $d_0$ care se exprimă în aceleași unități ca și lungimea de undă.

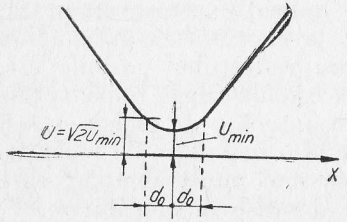


Fig. VI.5. Determinarea factorului de undă staționară în jurul valorii unui minim de tensiune.

Cele două distanțe $d_0$, la stînga și la dreapta minimului, trebuie să rezulte egale. Inegalitatea poate să fie dată de cuplajul prea strîns cu instrumentul de măsură, fapt care duce la modificarea distribuției pe fider. Într-o astfel de situație trebuie slăbit cuplajul.



c) Factorul de undă staționară se poate determina și cu ajutorul unui dispozitiv numit reflectometru, a cărui schemă de principiu este prezentată în fig. VI.6.

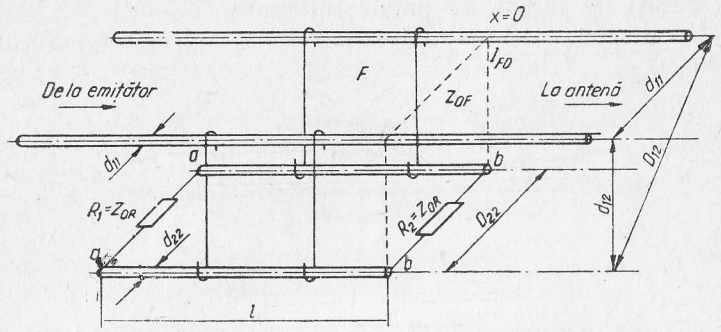


Fig. VI.6. Schema unui reflectometru cu linii bifilare.

Pe baza considerațiilor de cuplaj electric și magnetic existent între linia principală de măsură și linia reflectometrului, terminată la ambele capete pe două rezistențe egale cu impedanța caracteristică, se poate arăta că la existența unei unde progresive, în fiderul principal, numai instrumentul conectat la sarcina din stînga va indica un curent $I_1$; iar în cazul în care există numai undă reflectată vom avea o indicație numai la instrumentul din dreapta $I_2$. Înseamnă că raportul celor două indicații este egal tocmai cu modulul coeficientului de reflexie:

$$|k| = I_2/I_1,$$

iar factorul de undă staționară este:

$$\sigma = \frac{1 + |k|}{1 - |k|}.$$

Lungimea liniei reflectometrului trebuie să se aleagă mai mică decît $\lambda/4$. Distanța la care se montează față de fiderul principal nu trebuie să fie prea mică, pentru a nu introduce modificări în linia principală. În reflectometrele mai perfecționate, în locul a două miliampermetre, care măsoară curenții $I_1$ și $I_2$, se utilizează un aparat de tip

logometric pe înfășurările căruia apare tensiunea redresată de pe rezistențele $R_1$ și $R_2$. Indicația logometrului este direct proporțională cu raportul curenților, deci cu coeficientul de reflexie și pe baza acestui fapt scala se poate grada direct în unități de factor de undă staționară.

Un dispozitiv simplu, de tip reflectometru, este arătat în fig. VI.7.

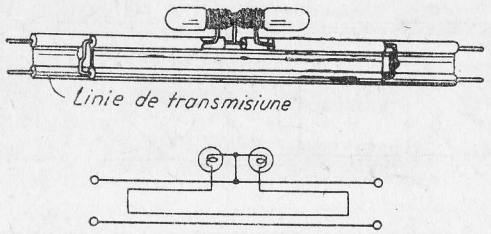



Fig. VI.7. Reflectometru simplu cu becuri pentru linie bifilară.

În această situație linia reflectometrului se realizează dintr-un segment de linie bifilară izolată în material plastic, iar în locul rezistențelor de sarcină și a instrumentelor se utilizează numai becuri. Aceste beculețe de 6 sau 12 V și de curent mic (60 — 100 mA) vor funcționa în același mod însă ca instrumentele. Dacă se admite că generatorul sau emițătorul este dispus la stînga și sarcina la dreapta, atunci în regim de undă staționară vom avea strălucire egală a ambelor becuri, iar în regim de undă progresivă, numai unul va lumina, și anume cel dinspre generator.

Dispozitivul nu permite o măsurătoare cantitativă, însă dă o indicație prețioasă asupra adaptării care se poate regla pe baza observației acestei străluciri. În fig. VI.8 se prezintă un dispozitiv reflectometric tot de tipul cu becuri pentru un cablu coaxial.

Realizarea respectivă se face decupînd întîi mantaua protectoare a cablului coaxial (fig. VI.8, *d*). Se taie și se comprimă cămașa exterioară, fig. VI.8, *c* (își mărește diametrul astfel), pentru a se putea scoate peste gulerul rămas la capătul cablului. În materialul dielectric se practică o tăietură (fig. VI.8, *b*) în care se introduce o sîrmă izolată



și îndoită (fig. VI.8, *a*). Apoi se pune un material izolant peste această sîrmă și se reintroduce cămașa exterioară care a fost prevăzută și cu un orificiu. Se scot capetele sîrmei prin orificiu și se sudează cămașa la locurile de întrerupere.

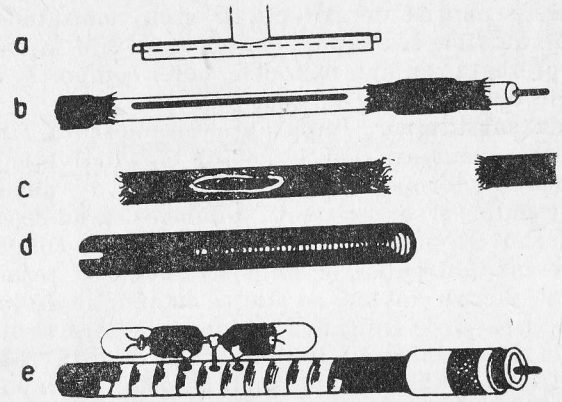



Fig. VI.8. Reflectometru simplu cu becuri pentru cablu coaxial.

După introducerea mantalei protectoare totul se bandajează. Cele două capete ale sîrmei din fig. VI.8, *a* se leagă de un contact al becurilor, iar contactul comun se leagă la cămașa exterioară a cablului (fig. VI.8, *e*).

Lungimea tuturor reflectometrelor poate să fie de cîțiva centimetri. Cu cît puterea pe linie este mai mică lungimea sa trebuie să fie mai mare. Nu trebuie depășită lungimea de $\lambda/4$. În general cu instrumente sensibile sau cu becuri de curent mic se poate lucra cu o lungime de zeci de centimetri cu US și cu cîțiva centimetri cu UUS.

### 3. Măsurarea impedanțelor de intrare în linie și antenă

Pentru a realiza adaptarea este necesar să se cunoască mărimea impedanței de intrare în antenă sau în fider. În determinările de acest gen se folosesc mai multe metode, dintre care se pot menționa metodele de punte, metodele

utilizînd aparate speciale (impedanțmetre, Zg-diagrafe etc.), metodele utilizînd linia de măsură și metoda de substituție.

În cazul unor laboratoare bine utilate se folosesc, la frecvențe mai joase, punți iar la frecvențe ridicate aparate speciale sau linii de măsură.

Deoarece punțile de RF pot fi greu realizate cu posibilități de amatori și aparatele speciale nu sînt la dispoziție, se vor prezenta numai metodele care comportă realizări ușoare ale dispozitivelor de măsură.

**Metoda substituției.** Impedanța necunoscută, în speță antena, se montează în serie sau în derivație cu un circuit acordat, format dintr-o bobină de o valoare fixă, un condensator și o rezistență (ambele variabile în mod continuu sau cu prize), a căror etalonare se cunoaște. În circuit se mai introduce și un instrument cu termocuplu. În general, pentru antene, se știe că în funcție de lungimea lor geometrică și de lungimea de undă la care se lucrează, distribuția de curent și de tensiuni va fi diferită. S-a arătat în fig. II.1 că la fiecare antenă în funcție de raportul $l/\lambda$ la multiplii impari de $\lambda/4$ antenele se prezintă la intrare ca o rezistență mică și o reactanță nulă, deci ca un circuit acordat serie. La multiplii pari de $\lambda/4$ antena se prezintă ca o rezistență foarte mare și o reactanță nulă care însă în vecinătatea frecvenței corespunzătoare acestei situații ia valori foarte mari, deci se comportă ca un circuit acordat derivație. Din aceste considerații rezultă modul de conectare al elementelor amintite mai sus.

La frecvența corespunzătoare unei rezonanțe serie se utilizează elementele de măsură dispuse în serie, iar în celălalt caz, în derivație.

Pentru antena pusă la pămînt se introduce antena în serie sau în derivație cu circuitul acordat. Se acordează circuitul cu ajutorul condensatorului $C$ pentru indicație maximă a miliampermetrului. Se scoate apoi antena și se introduce rezistența variabilă în circuit. Se reface acordul pentru maxim de curent și se reglează rezistența pentru a obține aceeași indicație la instrument. În primul caz, la conectare serie, valorile rezistenței și reactanței sînt date de relațiile:

$$R_{A_s} = R_s\,;\quad X_{A_s} = \frac{1}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2},$$



iar în al doilea caz la conectarea în paralel de relațiile:

$$R_{A_p} = R_p\,;\quad X_{A_p} = \frac{1}{\omega}\,\frac{1}{C_1 - C_2},$$

în care $C_1$ și $C_2$ sînt capacitățile de acord cu și fără antenă, iar $R_s$ și $R_p$ sînt valorile rezistențelor variabile introduse în serie, respectiv paralel.

Pentru măsurătoare trebuie să se dispună de un generator pe frecvența respectivă, care să livreze cîțiva wați, cuplat slab prin cîteva spire cu circuitul de măsură, ca în fig. VI.9 sau să se utilizeze chiar emițătorul respectiv. Condensatoarele

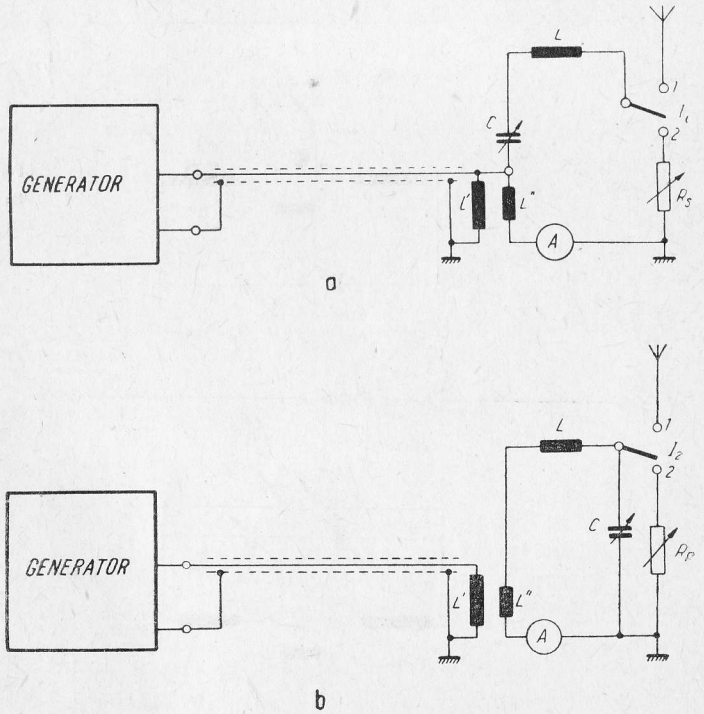



Fig. VI.9. Măsurarea prin metoda de substituție a impedanței de intrare a unei antene verticală legată la pămînt:
*a* — antena este legată în serie; *b* — antena este legată în paralel.

sînt capacităţi variabile obişnuite de cîteva sute de picofarazi montate cu rotorul înspre masă, iar inductanţele se aleg prin încercări în funcţie de valoarea rezultată din posibilitatea de acord cu valoarea capacităţii medii.

Dacă este nevoie se mai fac ajustări. Dacă nu se dispune de o rezistenţă variabilă şi în mod practic nici nu este nevoie de aşa ceva se pot utiliza rezistenţe chimice, şi dintr-un număr oarecare de valori existente se găseşte tocmai valoarea necesară. Pentru situaţia în care antena este simetrică trebuie folosit un montaj echilibrat, conform fig. VI.10.

Primul montaj (fig. VI.10, *a*) se utilizează dacă antena lucrează în rezonanţă serie, iar cel de-al doilea (fig. VI.10, *b*)

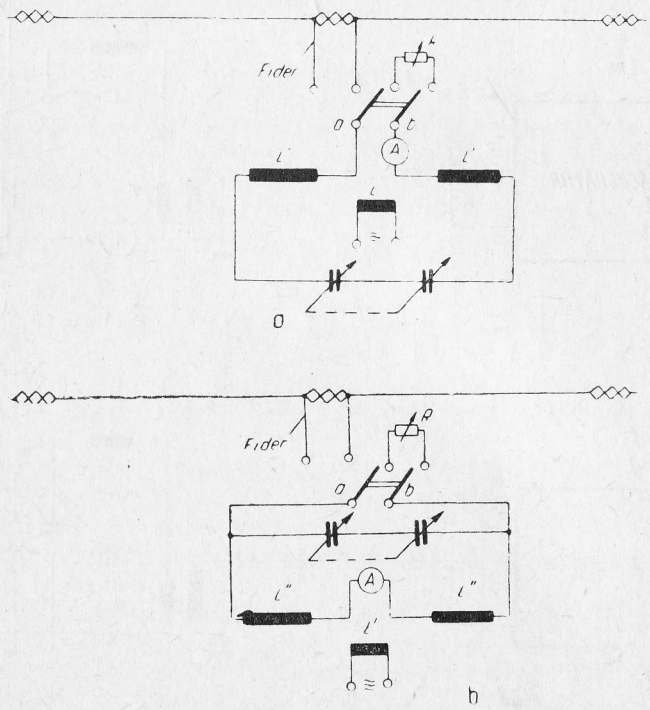



Fig. VI.10. Măsurarea prin metoda substituţiei a impedanţei de intrare la o antenă orizontală simetrică:
*a* — antena în serie; *b* — antena în derivaţie.



dacă antena lucrează în rezonanţă derivaţie, adică $l/\lambda = 0{,}5$. De data aceasta condensatorul trebuie să fie simetric (dublu, cu rotorul pus la masă).

Formulele, metodica de manipulare şi consideraţiile făcute în celălalt caz rămîn valabile. Poate interveni însă o diferenţă dictată de faptul că o antenă pusă la pămînt se poate cupla cu circuitul de măsură pus chiar la baza antenei pe cînd o antenă orizontală care se înalţă de la sol nu se mai poate cupla direct la bornele de intrare ale antenei circuitului de măsură. În aceste condiţii, între antenă şi circuitul de măsură va apărea un fider, care la frecvenţa de lucru va avea o anumită lungime normată $l/\lambda$. În general, este de dorit ca fiderul să fie cît mai scurt, adică avînd o lungime mai mică sau mult mai mică decît $\lambda/4$ să nu modifice decît în măsură mică impedanţa de intrare a antenei prin transformarea ei pe lungimea fiderului. În acest caz, măsurătoarea decurge aşa cum s-a arătat, dar pentru aflarea adevăratei impedanţe de intrare a antenei va trebui să se ţină seamă, după determinarea componentelor ei, de lungimea $l/\lambda$ a fiderului. Cu ajutorul diagramei cercului (v. fig. I.13 şi § I.4, *b*) se determină rapid valoarea existentă în mod real.

Dacă se constată că lungimea fiderului se apropie tocmai de o lungime normată $l/\lambda = 0{,}25$, atunci la locul la care se face măsurătoarea va trebui să se inverseze conectarea circuitului, ştiind că o linie $\lambda/4$ transferă impedanţele de la valoare mică la valoare mare şi invers.

Piesele respective ale montajului de măsură se montează pe o placă din lemn, pertinax sau textolit, fără dimensiuni critice, pe care se fixează conform schemei de principiu şi nişte borne la care se va conecta antena. Dispozitivul este comod de utilizat în unde lungi, medii şi scurte la valori coborîte ale frecvenţei (benzile de 3,5 şi 7 MHz). De la 8 — 10 MHz montajul nu mai poate fi lăsat în aer, ci trebuie blindat şi apar multe fenomene parazite.

Pentru benzile de 3,5 şi 7 MHz valorile condensatoarelor vor fi $2 \times 500$ pF.

Bobinele se dimensionează pentru a putea realiza acordul pe frecvenţa dorită conform formulei $L = 1/4\pi^2 f^2 C$. Bobinarea se face fără carcasă, la un diametru de 4—5 cm cu un conductor de CuEm cu diametrul de 1 mm, astfel încît bobinele să fie rigide. Între ele se introduce bobina de cuplaj

cu generatorul, avînd un număr de spire mai mic (în raportul 1 : 5 la 1 : 10). Generatorul va fi în întregime blindat și pus la masă pentru a nu induce direct în circuitul de măsură.

Miliampermetrul cu termocuplu trebuie să aibă sensibilitatea de 100 mA. Nu se va utiliza un comutator, ci se va proceda prin înlocuirea antenei cu rezistența la bornele *ab*. Conexiunile se vor face scurte. Trebuie să se dispună de un set de valori de rezistențe chimice de 1 W avînd valori de 33, 47, 70, 100, 150, 200 Ω și 1, 2, 3, 5, 10, 20, ... , kΩ pentru a fi folosite în locul rezistenței variabile R din schemă.

**Metoda liniei de măsură.** În banda undelor ultrascurte se utilizează de preferință metoda liniei de măsură, deoarece în acest domeniu se poate realiza o linie care să aibă lungimea mare în comparație cu lungimea de undă la care se lucrează. Pentru o realizare comodă a liniei se recomandă totuși utilizarea în benzile superioare *III*, *IV* și *V*. Metodica de măsurare constă în următoarele: se alimentează linia de la un generator sau de la emițător. Ca sarcină a liniei se conectează antena sau fiderul căruia trebuie să i se determine impedanța. Se determină $\sigma$ printr-una din metodele expuse și se măsoară distanța $d$ de la un minim de tensiune pînă la locul de conectare al sarcinii. Se face normarea $\frac{d}{\lambda}$ cunoscînd lungimea de undă la care se lucrează și cu ajutorul diagramei cercului se determină valoarea impedanței sarcinii.

Din cele arătate se observă că este bine ca pe linia de măsură să se poată citi cel puțin un minim și un maxim de tensiune; deci, alegînd cel puțin o lungime de $\frac{\lambda}{4}$ rezultă la $f = 50$ MHz pentru lungimea liniei, 1,5 m. Linia se realizează, în general, din două bare sau țevi rigide de $\varnothing = 4 - 6$ mm, așezat pe patru suporturi izolatoare din plexiglas, trolit, pe o placă de lemn (distanța pe linie 250 — 400 mm). Distanța dintre cele două conductoare se alege din diagramele din fig. I.8 și I.9 pentru $Z_0 = 300$ Ω de exemplu.

Generatorul se cuplează la linie prin cuplaj inductiv, iar conductoarele antenei sau fiderului se prind în șuruburi pe cele două țevi ale liniei de măsură.

Factorul de undă staționară se poate determina cu un dispozitiv de forma din fig. VI.2.



Dacă interesează impedanța de intrare în antenă, cînd aceasta nu este conectată direct la linie, ci prin intermediul unui fider avînd lungimea electrică $k\lambda$, se face o corecție. Întîi se determină prin măsurare și cu ajutorul diagramei cercului impedanța la ieșirea liniei de măsură și apoi, ținînd seamă de lungimea electrică a fiderului, se face o rotație pe diagramă pe cercul cu același $\sigma$ către sarcină, cu această lungime normată $l/\lambda$. Punctul în care se ajunge reprezintă impedanța antenei.

**Impedanțmetrul.** Tot pentru gama de unde ultrascurte se mai poate folosi un impedanțmetru ca cel descris în continuare.

Principiul seamănă cu al ohmmetrului. Dacă într-un circuit se introduc în serie o sursă de tensiune $U$, o rezistență cunoscută $R_1$ și o rezistență necunoscută ce trebuie determinată $R_x$ și se cunosc $U$, $R_1$ și căderea de tensiune pe $R_1$, $U_1$ (măsurată cu un voltmetru)se determină $R_x$

$$R_x = R_1 \frac{U - U_1}{U_1}$$

și scala instrumentului se poate grada direct în valori de rezistențe.

În domeniul frecvențelor radio sursa de tensiune (un oscilator) va induce în circuitul de măsură o tensiune printr-un cuplaj inductiv, circuitul de măsură va fi o linie avînd impedanța caracteristică de 300 Ω și o rezistență $R_1 = 300$ Ω va închide linia într-un capăt. Un voltmetru de radiofrecvență cu diodă măsoară tensiunea pe rezistența $R_1$, iar la celălalt capăt al liniei se branșează impedanța necunoscută $Z_x$ (un fider sau o antenă).

Deoarece pot apărea și părți reactive în paralel cu punctele la care trebuie conectată impedanța necunoscută, se introduce și un circuit derivație $CL_2$ (fig. VI.11). Acesta trebuie să compenseze reactanța circuitului sarcinii la frecvențe la care se face măsurătoarea, așa ca în circuit să rămînă doar partea rezistivă a sarcinii $R_x$ în paralel pe circuit. $R_x$ se citește pe scala instrumentului ca și la ohmmetru, iar reactanța sarcinii se poate determina din etalonarea condensatorului variabil $C$ la diverse frecvențe.

Modul de etalonare a impedanțmetrului este următorul: se scurtcircuitează bornele de măsură și se reglează cu potențiometrul $P_2$ tensiunea pe care o injectează generatorul în linie, în așa fel, încît acul instrumentului indicator să indice maximumul (la $R_x = 0$ acul în dreapta scalei). Lăsînd bornele de măsură în gol ($R_x = \infty$) instrumentul indică $R_x = \infty$ (în stînga scalei) pentru circuitul $L_2C$ acordat pe frecvența de lucru. Acest acord se observă pentru minimul indicației la instrument, deoarece un circuit-derivație la acord are impedanța foarte mare.

Măsurarea lui $Z_x$ la o frecvență oarecare se face fixînd întîi frecvența oscilatorului prin modificarea capacității $C_2$, după ce în prealabil s-a făcut o etalonare a condensatorului $C$: $C_{div} = F\,(f_{MHz})$ cu ajutorul unui undametru cu absorbție.

Se lasă $Z_x$ în scurtcircuit și se reglează cu $P_2$ nulul pe scala instrumentului indicator.

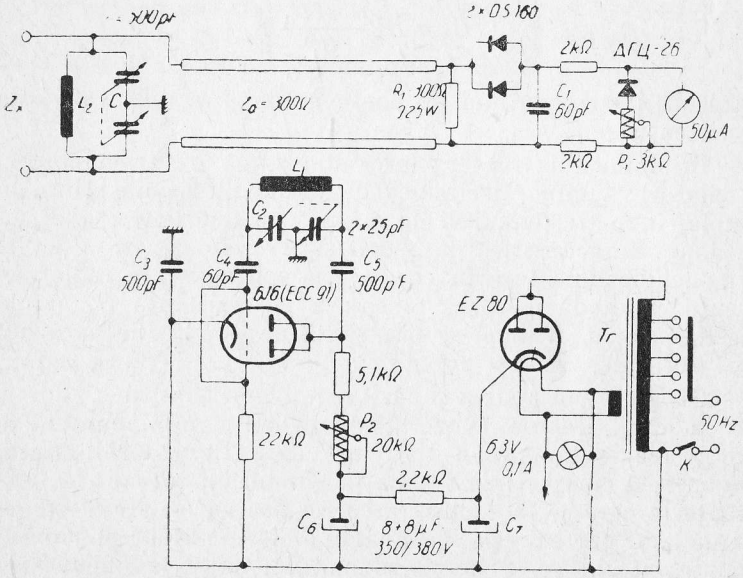



Fig. VI.11. Schema de principiu a unui impedanțmetru pentru banda I de TV și banda de MF.



Se branșează apoi sarcina $Z_x$ și se reglează $C$ pînă se obține minimul la instrument. În acest caz se citește chiar $R_x$, deoarece circuitul $CL_2$ a compensat reactanța sarcinii. Reactanța sarcinii se determină din dezacordul care se realizează la $C$ față de acordul inițial pe frecvențe de lucru $f$. Dacă prin conectarea sarcinii reacordarea s-a obținut prin mărirea capacității, înseamnă că sarcina are caracter inductiv, iar dacă reacordul se obține pe baza micșorării capacității, sarcina are caracter capacitiv.

Așadar, între dezacord și reactanța sarcinii există proporționalitate. Pentru o frecvență dată, conectînd bobine și capacități cunoscute, se poate face o curbă de etalonare între diviziunile condensatorului $C$ și $L_x$ sau $C_x$.

Scala instrumentului se poate grada și în valori de $\sigma$, deoarece:

$$\sigma = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{|Z_x|}{|Z_0|} \text{ pentru } Z_x > Z_0$$

și

$$\sigma = \frac{|Z_0|}{|Z_x|} \text{ pentru } |Z_x| < Z_0.$$

$\sigma = 1$ corespunde la $R_x = 300\ \Omega$.

Trebuie menționat că datorită porțiunii inițiale a caracteristicii diodelor din schemă se obține o caracteristică pătratică a instrumentului. Pentru o măsurare comodă este bine să se facă o transformare a scalei. Aceasta se realizează cu dioda ДГЦ26 și potențiometrul bobinat $P_1 > 3\,k\Omega$. Datorită acestui fapt se aduce punctul corespunzător lui $R_x = 300\ \Omega$ la mijlocul scalei, iar la capetele ei se obțin valori mai comprimate de rezistențe.

Bobina oscilatorului $L_1$ are 6 spire din conductor CuEm cu $\varnothing$ 0,1 mm, bobinate fără carcasă cu diametrul interior de 20 mm și lungimea bobinei este de 16 cm. Linia este realizată din două vergele de alamă cu $\varnothing = 4$ mm, avînd lungimea de 165 mm și distanța dintre conductoare de $D = 25$ mm.

Bobina din circuitul de măsură $L_2$ este bobinată tot fără carcasă cu diametrul interior de 10 mm și lungimea

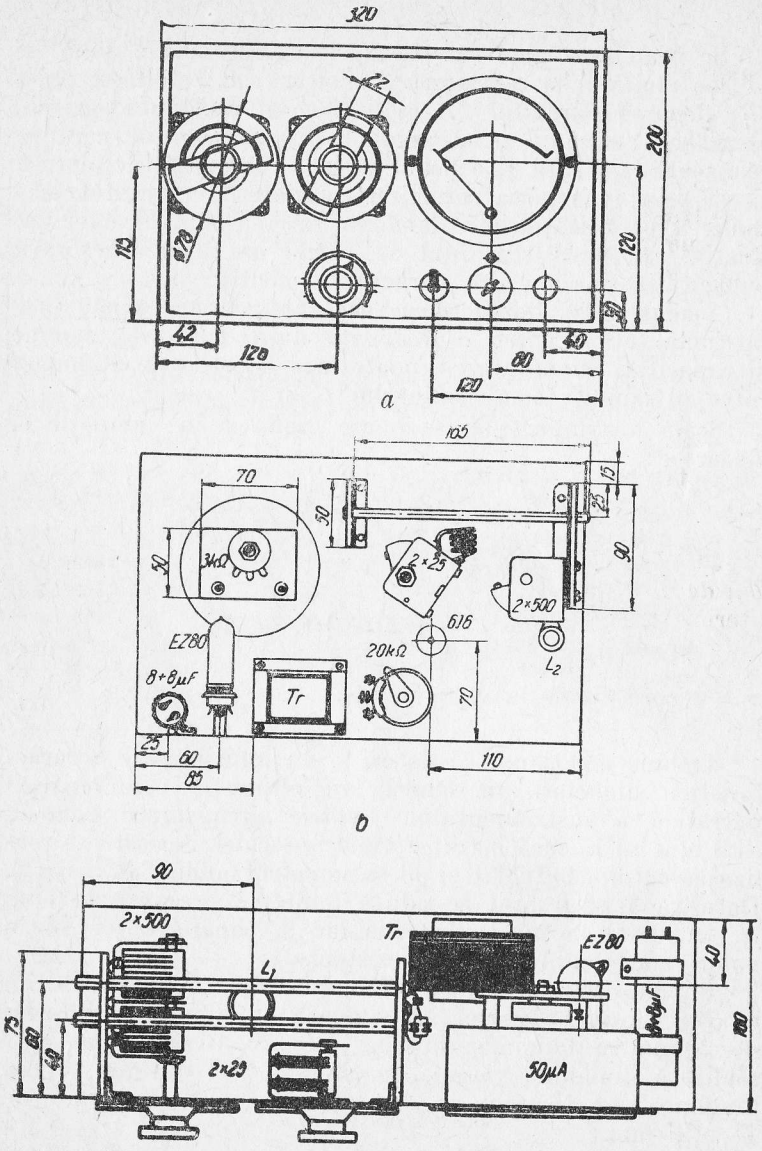



Fig. VI.12. Schița de construcție a impedanțmetrului:
*a* — vedere din față; *b* — vedere din spate; *c* — vedere de sus.

bobinajului de 12 mm. Bobina are patru spire din conductor CuEm $\phi = 1$ mm. Pentru alimentare se poate folosi orice autotransformator sau transformator de aparat de radiorecepție.

Toate piesele se pot monta pe un șasiu din tablă de Al de 2 mm grosime. O vedere este arătată în fig. VI.12.

Întregul șasiu trebuie închis într-o cutie metalică. Aceasta are două orificii prin care ies capetele liniei de măsură pentru a permite conectarea impedanței necunoscute $Z_x$.

Linia se fixează pe suporturi din plexiglas sau trolit.

## 4. Măsurarea directivității

În foarte multe situații este necesar ca antena să realizeze un factor de directivitate anumit, o direcție de radiație maximă impusă și un anumit raport față-spate. Pentru aceasta trebuie să ne asigurăm, cu ajutorul unui măsurător de cîmp, dacă antena radiază corect. Din alura caracteristicii de directivitate (care se poate obține) se pot determina ulterior mărimile care ne interesează.

Se presupune că antena aparține unei instalații de emisie radioamatoricească lucrînd în domeniul undelor scurte sau ultrascurte. Se alimentează antena și, la o distanță care trebuie să fie mult mai mare decît raportul dintre pătratul lungimii antenei și lungimea de undă, se măsoară intensitatea cîmpului în diverse puncte în jurul antenei la distanțe egale de antenă cu ajutorul unui instrument avînd schema din fig. VI.13.

Măsurătorul respectiv se compune din două tuburi metalice fixate pe un suport izolator, pe care se mai adaugă un circuit acordat format dintr-o bobină și o capacitate, un cristal detector (1N34) și un microampermetru (50 — 100 μA). Pentru domeniul de unde scurte ramurile antenei se aleg de lungime de circa 0,8 — 1 m, iar diametrul tuburilor de 8 — 10 mm pentru a fi rigide. Elementele $L$ și $C$

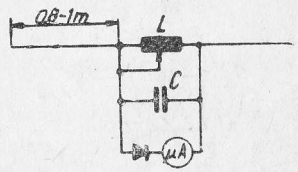



Fig. VI.13. Schema unui indicator de cîmp pentru ridicarea caracteristicii de directivitate a antenelor.

se aleg ca și în exemplele date la indicatoarele de undă staționară în funcție de frecvență (buna alegere se verifică dacă se poate obține o indicație maximă la microampermetru atunci cînd se reglează condensatorul sau priza pe bobină). Dacă cristalul detector are o caracteristică liniară atunci indicația microampermetrului este proporțională cu intensitatea cîmpului în locul respectiv, iar dacă caracteristica sa este pătratică indicația este proporțională cu pătratul intensității cîmpului, respectiv cu puterea radiată. Dacă, așa cum s-a mai arătat, ne mișcăm în jurul antenei pe o rază constantă și se măsoară la unghiuri corespunzînd la cîteva grade, se obține diagrama de directivitate și din imaginea obținută ne dăm seama dacă s-a realizat o caracteristică bună sau nu.

Dacă interesează numai raportul față-spate, măsurătoarea se poate face în două puncte situate în axul de radiație al antenei și pe direcția opusă.

Pentru domeniul undelor ultrascurte se arată în fig. VI. 14 un astfel de indicator cu toate elementele sale de construcție.

Pentru antenele de recepție, caracteristica de directivitate se poate măsura folosind antena ca antenă de recepție. În acest caz se recepționează un post de emisie, a cărui putere radiată se presupune constantă și se măsoară ten-

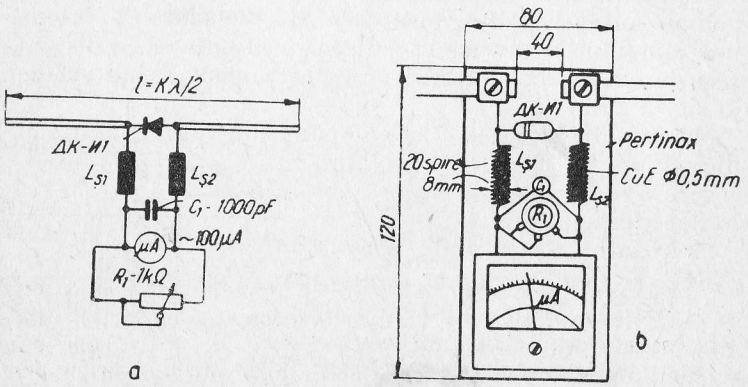



Fig. VI.14. Indicator de cîmp:
*a* — schema de principiu; *b* — realizarea constructivă.



siunea la ieșirea etajului detector din receptor (tensiunea continuă care se obține acolo este proporțională cu valoarea purtătoarei, respectiv cu intensitatea cîmpului la locul de recepție). Rotind antena și urmărind valorile instrumentului de curent continuu conectat în paralel pe rezistența de sarcină a detectorului (voltmetru de curent continuu cu rezistența internă mult mai mare decît rezistența de sarcină a detectorului) sau în serie cu rezistența de sarcină (miliampermetrul de curent continuu decuplat cu o capacitate care să scurtcircuiteze componentele alternative) se obține caracteristica de directivitate a antenei. Din ea se pot deduce mărimile care ne interesează.

Pentru o măsurătoare neeronată dispozitivul de RAA trebuie desfăcut și dacă este cazul trebuie înlocuit cu o polarizare constantă.

*CAPITOLUL VII*

## INSTALAREA ANTENELOR

### 1. Criterii de alegere a antenelor

Pentru a realiza o recepție de bună calitate se va alege pentru antenele de radiodifuziune, sau în special de televiziune, o antenă ale cărei performanțe să fie satisfăcătoare în raport cu intensitatea cîmpului în locul respectiv.

Valoarea intensității cîmpului depinde, între altele, de distanța de la emițător, de obstacolele naturale sau artificiale aflate pe traseu, de constantele mediilor de pe traseu etc. Valoarea necesară trebuie să fie mai mare dacă la locul de recepție este un nivel ridicat de perturbații. În unde ultrascurte mai contează și diferitele direcții după care sosesc simultan unde reflectate de diverse obiecte. În general, obiectele care pot crea reflexii sînt dispuse pe o elipsă (fig. VII.1).

Întrucît antenele de radiodifuziune și de recepție de unde US nu ridică alte probleme, în afara celor legate de degajare și perturbații, în cele ce urmează se va insista, în special, asupra antenelor de UUS, cu atît mai mult, cu cît la cap. IV. § 3 s-au dat și unele realizări, constructive de astfel de antene pentru US.

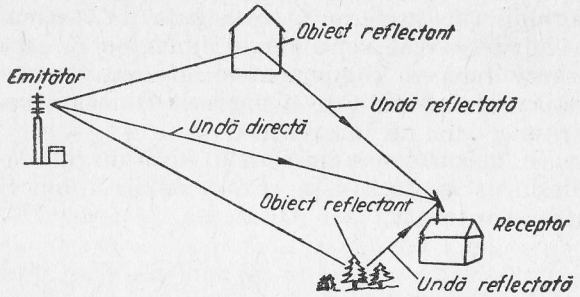



Fig. VII.1. Modul de apariție a imaginilor multiple pe ecranul unui televizor.

În orice caz cele ce se vor descrie mai departe ca amplasare și montare sînt valabile și pentru antenele de UL, UM cu referire la piloni, ancorare etc., cu deosebirea că în locul elementelor de UUS se vor monta pe aceștia antenele de radiodifuziune. Dacă ne aflăm în imediata vecinătate a postului de emisie se vor utiliza antene de cameră sau cel mult antene care să fie dispuse la fereastra sau balconul încăperii în care se află receptorul sau televizorul. În cazul în care perturbațiile sînt mari va trebui ca antena să fie înălțată cît mai sus de la sol. Dacă perturbațiile sînt date de scînteile care se produc în circuitele de aprindere ale vehiculelor care circulă pe o arteră intens circulată, aflată în apropiere de circulația tramvaielor, antena va trebui să fie, de asemenea, înălțată cit mai sus și amplasată pe clădire în partea opusă străzii; de asemenea va trebui construită eventual din mai multe etaje, pentru a realiza o caracteristică de directivitate mai ascuțită în plan vertical (deci cu o sensibilitate redusă față de sediul perturbațiilor ce se află pe sol). În ambele împrejurări trebuie să se folosească cabluri coaxiale pentru a fi ecranate față de perturbații.



Dacă se constată că în apropiere există obiecte de dimensiuni mari, care pot crea reflexii supărătoare, este bine să se aleagă o antenă care să aibă o caracteristică de directivitate mai pronunțată. Dispunînd de o antenă cu o astfel de caracteristică, ea se poate orienta astfel, încît unda care sosește prin reflexie să fie eliminată.

Pentru distanțe mai mari de emițător, cuprinse între 10—20 km, este bine să se aleagă o antenă cu 1 — 2 elemente pasive. În ce privește existența perturbațiilor sau a reflexiilor, trebuie ținut seamă de aceleași considerații ca mai sus.

Pentru distanțe cuprinse între 30 și 50 km se utilizează antene cu trei elemente pasive, dacă nu sînt perturbații sau reflexii. În ipoteza în care apar acestea, trebuie alese antene cu cîștig mai ridicat.

În general vorbind, sînt valabile următoarele criterii:

— pentru cîmp puternic și perturbații foarte puțin supărătoare trebuie utilizate antene de cameră sau de fereastră;

— cu cît crește distanța trebuie utilizate antene de cîștig mai ridicat, cîștig care se realizează, fie prin adăugare de elemente parazite la antenele de tip Yagi, schelet sau Quad, fie prin alegerea altui tip de antenă, dintre cele care s-au descris;

— pentru situații în care sînt reflexii puternice se alege totdeauna o antenă cu o caracteristică de directivitate mai pronunțată în plan orizontal;

— în situații în care imobilul în care se face recepția este plasat într-o regiune cu perturbații mari sau cu absorbție puternică (în vecinătatea unor regiuni cu întreprinderi industriale, a arterelor cu circulație intensă sau în zone de pădure unde absorbția este mare) se folosesc antene cu mai multe etaje, pentru a obține o caracteristică de directivitate pronunțată în plan vertical;

— pentru asigurarea recepției pe o bandă mai mare de frecvență se va alege tipul corespunzător de antenă de bandă largă, în funcție de aceleași considerații de distanță, perturbații etc., expuse mai sus;

— coborîrea de la antenă se face cu linie bifilară numai atunci cînd ea poate fi protejată de intemperii alegînd un traseu interior; în rest se va prefera întotdeauna cablul coaxial mai ales atunci cînd locul de recepție este situat într-o zonă cu perturbații intense.

## 2. Amplasarea antenelor

Ținînd seamă de aceleași elemente, ne putem da seamă de la început dacă antena trebuie montată la fereastra imobilului, pe acoperiș, la o înălțime mai mare sau mai mică sau pe un stîlp de înălțime de 20 — 30 m, plantat în pămînt dacă imobilul este de înălțime mică și distanța la emițător este mai mare sau perturbațiile sînt intense. Ca limită inferioară a distanței față de acoperiș sau perete se impune cel puțin o jumătate de lungime de undă. În general, însă, se caută ca această distanță să fie ceva mai mare, chiar atunci cînd nu se cere neapărat o înălțare exagerată a antenei (se știe că valoarea cîmpului la locul de recepție crește cu înălțimea de la sol).

Tot în legătură cu amplasarea trebuie să se mai țină seamă de distanța la care trebuie plasată antena față de altele în ipoteza în care pe un acoperiș de imobil sînt mai multe antene. Pentru ca receptoarele care sînt alimentate de aceste antene să se perturbe cît mai puțin, este bine ca antenele să se găsească dispuse la cîteva lungimi de undă una de alta. Întrucît nu se poate da o valoare exactă, poziția corectă de amplasare pentru UUS se determină fixînd în mod provizoriu antena la o distanță de 2—3 $\lambda$ de antenele existente (numai în UUS), dacă este posibil nu pe direcția emițătorului, ci lateral și după aceea prin rotirea și deplasarea antenei se definitivează locul după cea mai bună recepție.

## 3. Dimensionarea electrică

După alegerea tipului de antenă dorit dimensiunile sale se determină cu ajutorul diagramelor sau formulelor date la capitolul respectiv, în funcție de lungimea de undă a canalului pe care vrem să-l recepționăm sau a întregii benzi de recepționat.

Lungimile de undă corespunzătoare benzii de recepționat se determină cu formula $\lambda = 300/f$ (lungimea de undă, în metri, și frecvența, în megaherți) iar lungimea de undă care va intra în calcule trebuie să fie egală cu lungimea de undă centrală a canalului sau a întregii benzi de recepționat. Această lungime de undă centrală se determină ca fiind media geometrică a lungimilor de undă extreme ale canalului sau benzii (dacă $\lambda_1$ și $\lambda_2$ sînt lungimile de undă, extreme, atunci $\lambda_c$ este egal cu $\sqrt{\lambda_1 \cdot \lambda_2}$). Cunoscînd deci această valoare și tipul de antenă fiind ales din considerente de cîștig, directivitate, bandă de frecvență, se determină elementele antenei. După aceasta, cu ajutorul diagramelor sau al formulelor trebuie calculată sau determinată din tabele sau diagrame rezistența de intrare a antenei.



Dacă este posibil, se va urmări prin alegerea diverselor elemente ale antenei ca rezistența de intrare să fie egală cu 70, respectiv 300 Ω. Acest lucru se poate realiza pe mai multe căi:

— la antenele cu elemente pasive și antene Quad se alege distanța între elemente, urmărind un compromis între cîștig și rezistența de intrare; la antena cu reflector diedru, se aleg unghiul și distanța radiatorului pînă la reflector;

— se alege în funcție de banda de frecvență necesară raportul $l/d$, care s-a arătat că influențează mărimea rezistenței de intrare;

— se alege un dipol sau tripol cu diametre inegale ale ramurilor;

— se alege un dispozitiv de adaptare în $\Delta$ sau în T.

Dacă, totuși, valorile respective nu se pot realiza fără să renunțăm la cerințe de cîștig, directivitate sau bandă de frecvență, se va utiliza un transformator de impedanță. Dacă antena este destinată recepționării unei benzi înguste se vor utiliza transformatoare de impedanță sau dispozitive de adaptare realizate cu linii $\lambda/4$ (a căror impedanță caracteristică se alege în funcție de rezistența de intrare în antenă pe care am obținut-o și de impedanța caracteristică a fiderului) sau cu trunchiuri de linie. De asemenea se pot utiliza dispozitive $\Delta$ sau T.

Dacă impedanțele sînt în raportul 1:4 se pot utiliza dispozitive de adaptare cu buclă U sau cu transformator cu înfășurări bifilare. Ambele dispozitive au avantajul că realizează și simetrizarea. Pentru cazul recepției într-o

bandă mare de frecvență se va utiliza transformatorul sau, cum l-am mai numit, adaptorul simetrizor inductiv.

În ipoteza în care antena este de bandă largă, și raportul dintre rezistența de intrare și fider este diferit de 4, dimensiunile trebuie alese astfel, încît rezistența de intrare să

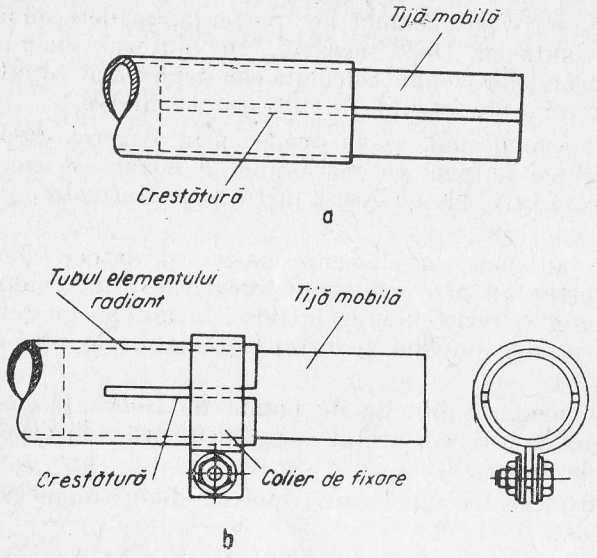



Fig. VII.2. Element de reglaj al lungimii dipolului:
*a* — cu tijă mobilă crestată; *b* — cu element radiant crestat.

ajungă la o valoare egală cu cea a impedanței caracteristice a fiderului (egală în sensul de cît mai apropiată, știind că o valoare de factor de undă staționară, datorit neadaptării de valoare pînă la 2, sau chiar 3 către capetele benzii într-un domeniu de frecvență mai mare, nu este prea supărător).

În foarte multe împrejurări, pentru realizarea performanțelor dorite la o antenă cu mai multe elemente pasive (obținerea rezistenței de intrare necesare și a directivității impuse) este nevoie să se recurgă la reglarea distanței între elemente și la reglarea lungimii elementelor. Un mijloc cu care se poate realiza reglarea lungimii antenelor este acela de a le face de lungime mai scurtă decît cea necesară și de



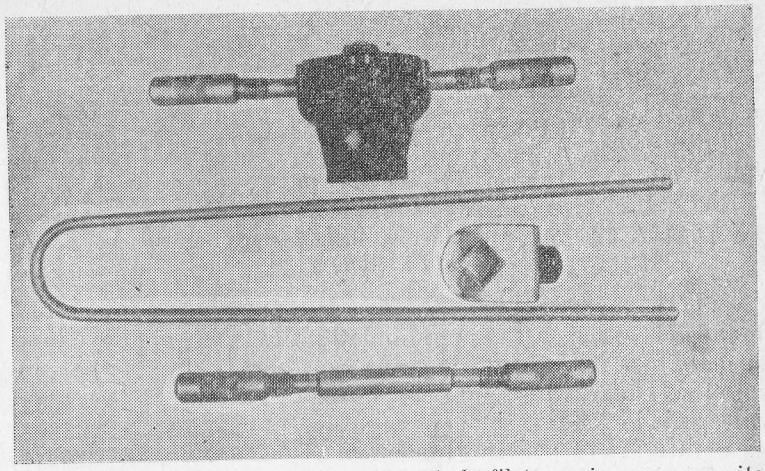


Fig. VII.3. Dispozitiv cu bucșă avînd filet conic care permite reglarea lungimii dipolului.

a introduce în capetele tuburilor care reprezintă dipolii, niște cilindri secționați după o generatoare (fig. VII.2). Introducînd mai mult sau mai puțin aceste capete în interiorul dipolului propriu-zis se obține lungimea necesară.

O altă posibilitate practică, în special pentru dipolii îndoiți, este de a face secțiunea intermediară a dipolului dintr-un tub de grosime ceva mai mare, crestat la capete și filetat. Jumătățile extreme ale dipolilor se introduc în aceste dispozitive și se strîng cu piulițe, avînd lungime mare și filetul conic. Unul dintre aceste dispozitive se face în întregime metalic, iar celălalt, care este destinat ramurilor dipolului dintre punctele lui de alimentare, trebuie întrerupt cu un izolator. Un detaliu este dat în fig. VII.3.

Deplasarea elementelor, unul față de celălalt, menținînd paralelismul lor, se poate realiza cu cleme T (v. fig. VII.5), la care însă clemele trebuie să aibă o deschidere prin care să poată trece brațul reflector sau cel director. Se poate utiliza însă și un dispozitiv ca cel din fig. VII.4 în care cele două dispozitive care permit reglarea lungimii dipolului se fixează într-o placă din material izolant. Acesta are prevăzută o gaură de secțiune pătrată prin care trece brațul orizontal de susținere a elementelor.

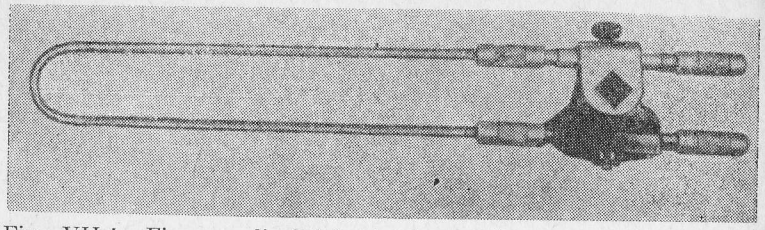


Fig. VII.4. Fixarea dipolului și elementelor parazite pe brațul de susținere.

Toate elementele acestor antene se pot realiza din diverse materiale, cum ar fi: aluminiu, duraluminiu, alamă, cupru și chiar fier sub formă de țeavă sau bară. Cel mai recomandabil este însă aluminiul care, datorită greutății sale reduse, nu conduce la o antenă de greutate prea mare, lucru care este interesant pentru dimensionarea mecanică a dispozitivului de susținere. Diametrele acestor țevi sau bare pot varia de la 10 la 25 mm.

## 4. Montarea antenelor

În funcție de tipul de antenă ales, de înălțimea imobilului pe care se face montarea, de natura învelitoarei imobilului sau, dacă nu se montează pe imobil, de înălțimea de la sol la care trebuie ridicată, vor apărea suporturi de natură diferită, dispozitive de fixare a ancorelor sau a centurilor de fixare diferite. Ținînd seamă de situațiile care se pot întîlni cel mai frecvent se vor da cîteva moduri de montare.

Dacă este vorba de o antenă destinată radiodifuziunii cu MF sau unui canal de televiziune și este de tipul dipol îndoit simplu sau cu unul sau trei elemente și această antenă se montează pe un imobil avînd acoperișul din tablă, montarea ei se face ca în fig. VII. 5, în care se văd dipolul închis *3*, elementele pasive, directorul *4* și reflectorul *5*, suportul inferior *1*, suportul superior *2*, brațul directorului *5*, brațul reflectorului *7*, bucla de simetrizare *8*, clema de înnădire a suportului inferior *9*, talpa suportului *10*, clemele de ancorare *11*, placa de ancorare *12*, conectorul *13*, clema de prindere *14*, clema în T *15* și sîrmele de ancorare *16*.



Antena se montează în modul următor: se echipează întîi pilonul superior cu următoarele piese, ca în fig. VII.6. Placa de ancorare, împreună cu urechile de ancorare *2* și *3*

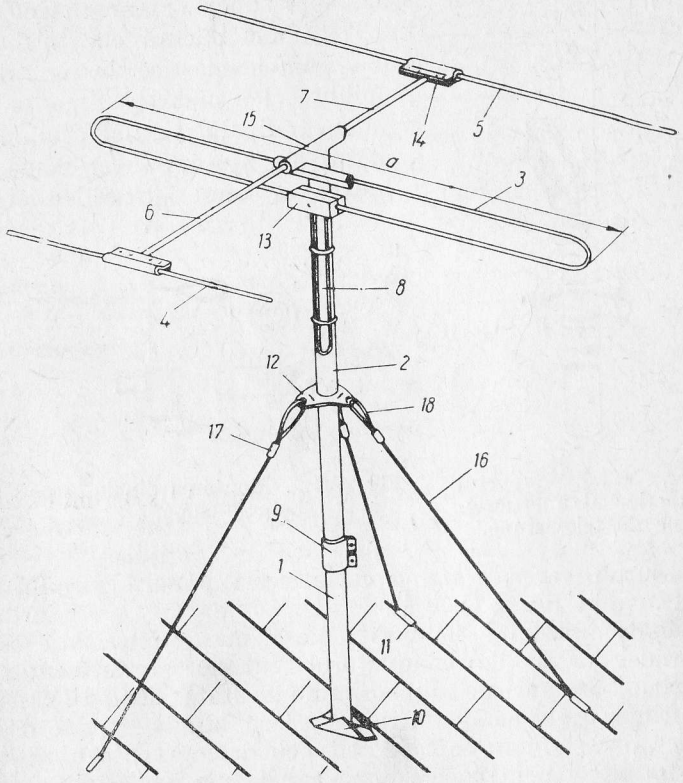



Fig. VII.5. Vedere generală a unei antene de televiziune cu 3 elemente.

se trag pe suportul superior. Se fixează pe același suport prezonul de fixare a conectorului *5* cu scoaba conectorului și cu conectorul. Placa de ancorare se sprijină pe scoabele

de susținere *4*. Acestea sînt fixate de suportul superior prin niște găuri avînd diametrul de 9 mm. Prezonul va fi astfel introdus în gaura de 4 mm a suportului, încît capătul cu filet lung să fie înspre conector și cel cu filet scurt spre suport. Fixarea clemei *8*, în T trebuie făcută cu șuruburi, șaibe, rondele elastice de siguranță și piulițe. Pe suportul superior se montează dipolul format din două jumătăți cu ajutorul unei cleme de prindere, a unui distanțier și a

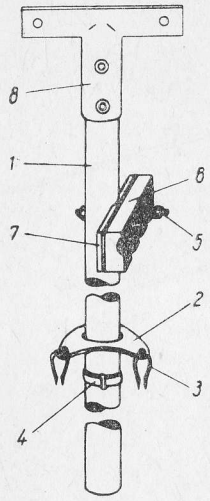



Fig. VII.6. Suportul superior al unei antene de televiziune.

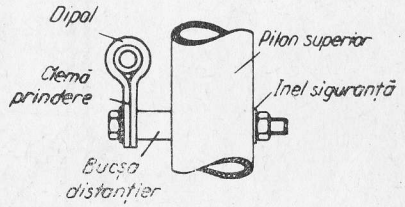



Fig. VII.7. Montarea dipolului pe suportul superior.

unui șurub care se strîng cu aceleași șaibe, siguranțe și piulițe ca în fig. VII.7.

Capătul cablului se curăță de cămașa exterioară din material plastic, de conductorul exterior împreună cu materialul izolant pe dimensiunile arătate în fig. VII.8. Pe ultima porțiune de 45 mm se lasă numai conductorul interior. Acest lucru se face atît pentru capul de cablu de coborîre cît și pentru cele două capete ale buclei de simetrizare.

Aceste cabluri se leagă la dipolul care a fost introdus în clema de prindere și în conector, așa cum se vede din fig. VII.9.

Capetele de cablu se strîng de capetele dipolului cu ajutorul unor șuruburi cu piuliță, conductorul fiind înfășurat pe șurub între două șaibe. Porțiunea de cablu, de



lungime 8 mm, care reprezintă conductorul exterior, se fixează cu o pafta distanțier, metalică, de aceeași placă conectoare. În acest mod cămășile exterioare ale celor două capete ale buclei de simetrizare și al cablului care merge

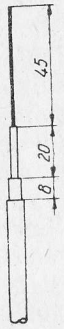



Fig. VII.8. Formarea capului de cablu.

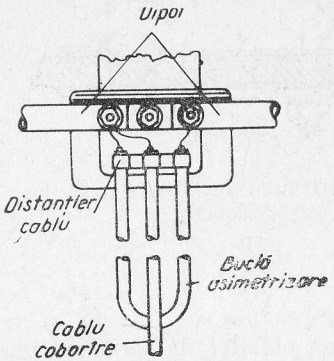



Fig. VII.9. Conectarea cablului de coborîre și a buclei de simetrizare la dipol.

la televizor vor face contact electric. Se pune capacul conectorului pentru a proteja de intemperii contactele electrice între dipol și cablu. Acest capac se strînge pe prezonul de fixare al suportului superior cu șaibă și cu piuliță. Apoi se fixează brațul reflector și director în clema în T, care trebuie strînsă foarte bine în șuruburi. Apoi se introduc jumătățile reflectorului și directorului în clemele în T care se strîng pe brațele respective (*6* și *7* din fig. VII.5). Suportul inferior se fixează cu ajutorul unui prezon într-o talpă care se montează pe acoperiș, după ce suportul inferior și cel superior se introduc în clema de strîngere *9*; aceasta din urmă se strînge în șuruburi de Ø 6 × 15, prevăzute cu șaibe, rondele elastice, de siguranță și piulițe. Talpa pilonului se fixează în acoperiș cu ajutorul unor șuruburi, punînd între talpă și acoperiș un izolator, iar sub acoperiș o placă metalică — după care se face strîngerea șuruburilor. Pilonul astfel montat, după cum arată fig. VII.10, trebuie ancorat cu trei ancore care să facă în plan orizontal unghiuri

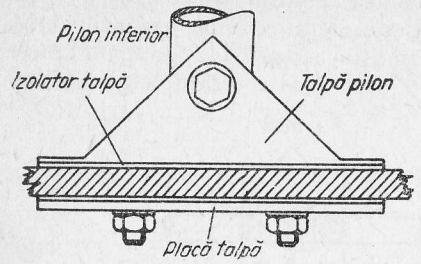



Fig. VII.10. Montarea tălpii suportului pe acoperiş.

de 120° între ele, iar în plan vertical fiecare ancoră să facă un unghi de 45°.

Sîrmele de ancorare, de lungime convenabilă, în funcţie de înclinarea acoperişului în punctul în care s-a ales fixarea tălpii pilonului, ţinînd seamă de condiţiile de amplasare arătate mai sus, se trec la un capăt prin urechile de ancorare din placa de ancorare şi cu celălalt capăt prin clemele de ancorare prevăzute cu urechi şi fixate de crestele de îmbucare ale plăcilor de tablă de pe acoperiş (falţuri). Sîrmele de ancorare se matisează la ambele capete în jurul unei bucşe distanţier, aşa cum se arată în fig. VII.11.

Operaţiile de montare descrise se referă la tipurile de antenă de televiziune cu elemente pasive fabricate în R.S.R.

Acest dispozitiv de susţinere a antenei, care se poate construi uşor, şi de radioamatori, poate servi pentru prinderea în vîrf a oricărui alt tip de antenă.

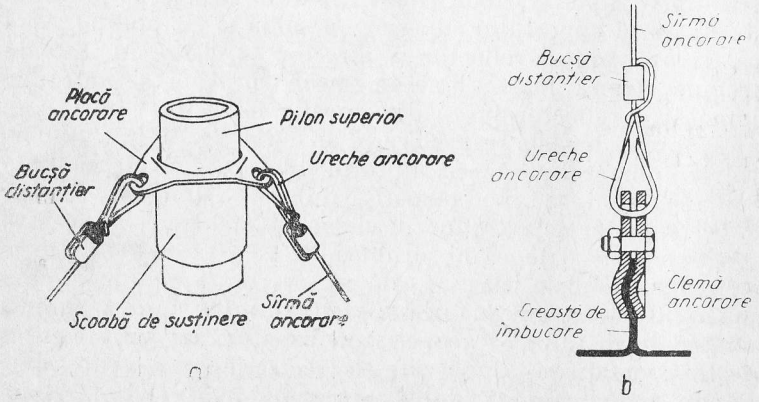



Fig. VII.11. Capetele ancorelor:
*a* — la pilon; *b* — pe acoperiş.



Suportul susţinător, dacă nu se găseşte ţeavă pentru realizarea lui, se poate face din lemn, avînd secţiunea de 50 × 50 mm. Stîlpul de susţinere poate fi realizat dintr-o bucată sau poate fi înnădit cu ajutorul unei cleme la fel ca cel metalic. La locul de înnădire este bine ca cele două capete ale suporturilor să fie aduse la o secţiune circulară. Antena se fixează cu două cleme de capătul suportului superior, iar braţul reflectorului şi directorului — care poate fi făcut evident şi dintr-o bucată — se fixează cu o pafta într-o crestătură, aşa cum se vede în fig. VII.12.

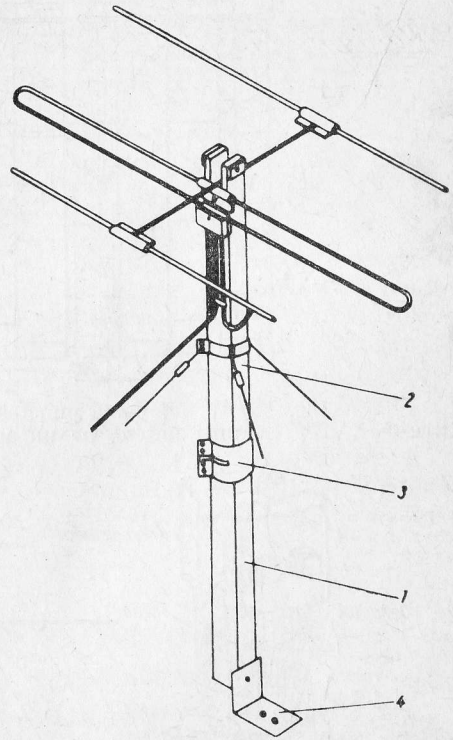



Fig. VII.12. Antenă cu suport de susţinere din lemn:
*1, 2* — partea inferioară şi superioară a suportului; *3* — colier de strîngere; *4* — cornier talpă.

Talpa piciorului este realizată dintr-un cornier, iar placa de ancorare de pe suportul superior se face sub forma unei brăţări cu urechi.

Pentru determinarea punctelor de fixare a antenei şi a ancorelor pe acoperişul de tablă se pot fixa nişte puncte aproximative, avînd dimensiunile din fig. VII.13, în care prin *1* s-au notat foile de tablă, prin *2* crestele de îmbinare, prin *3* creasta acoperişului, prin *4* talpa suportului antenei, prin *5* locul de fixare a ancorelor, iar prin *6* căpriorii acoperişului.

Un alt mod de fixare este arătat în fig. VII.14, care reprezintă o antenă simplă, dipol deschis, fixată cu ajutorul

a două izolatoare pe o placă de lemn pusă în T în vîrful suportului. Alimentarea antenei se face cu cablul coaxial de 70 Ω, simetrizarea se realizează cu o linie λ/4 în scurt-circuit la capătul inferior, așa cum se vede în fig. VII.15,

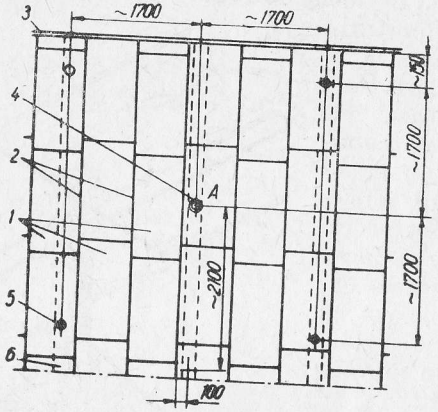



Fig. VII.13. Mărcarea punctelor de fixare a unei antene pe un acoperiș.

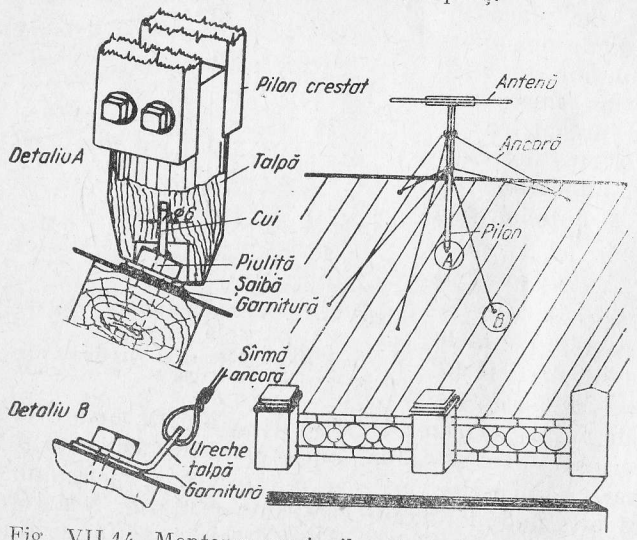



Fig. VII.14. Montarea unui pilon de lemn pe acoperiș.



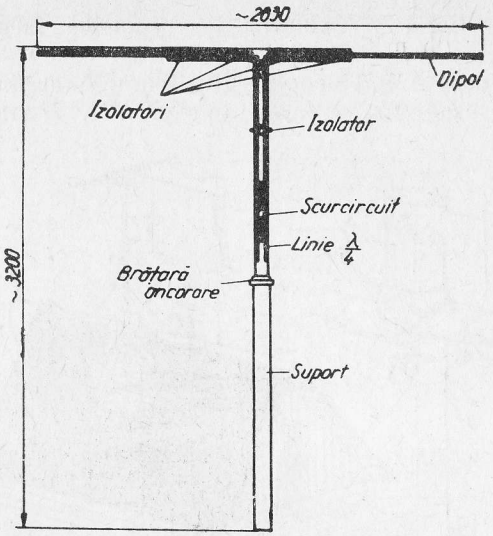



Fig. VII.15. Antenă de TV sub formă de dipol deschis alimentat cu cablu coaxial și simetrizat cu linie λ/4 (din tuburi metalice) în scurtcircuit.

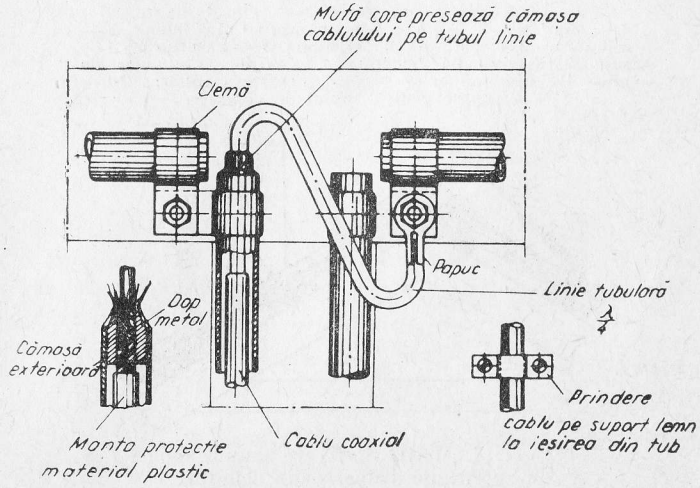



Fig. VII.16. Legarea cablului coaxial și al liniei λ/4 la intrarea dipolului.

iar legarea liniei și cablului la dipol se face conform fig. VII.16

Pentru case avînd acoperiș din lemn, fixarea antenei se poate face așa cum se arată în fig. VII.17 sau direct pe

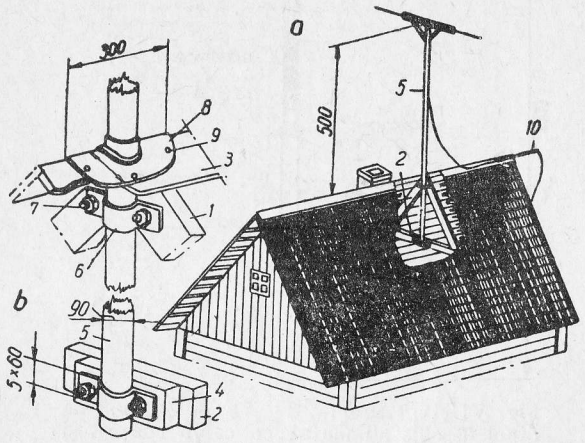



Fig. VII.17. Instalarea antenei de TV pe acoperiș cu învelitoare din șindrilă:

*a* — vedere prin acoperis; *b* — detaliu de fixare: *1* — căpriori; *2* — piesă de montare din lemn; *3* — scîndura de creastă a acoperișului; *4* — garnitură; *5* — suport; *6* — scoabă (clemă); *7* — șurub; *8* — guler de protecție din tablă; *9* — găuri pentru șuruburi; *10* — distanțor pentru cablul de coborîre.

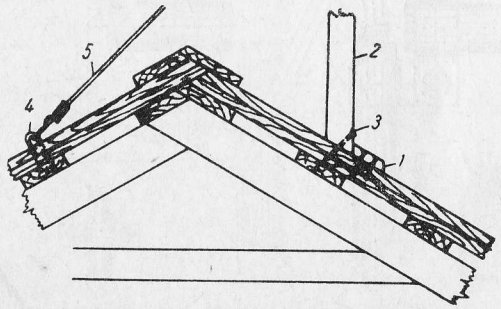



Fig. VII.18. Modul de fixare a unui suport de antenă pe acoperiș din scînduri:

*1* — opritor; *2* — suport; *3* — cui; *4* — scoabă; *5* — ancoră.



acoperiș cu un cui și cu un opritor, așa cum se vede în fig. VII.18.

Dacă acoperișul este cu învelitoare din carton, instalarea se face în mod foarte simplu, așa cum se observă în fig. VII.19.

Pentru acoperișuri din țiglă, ancorarea nu este, în gene-

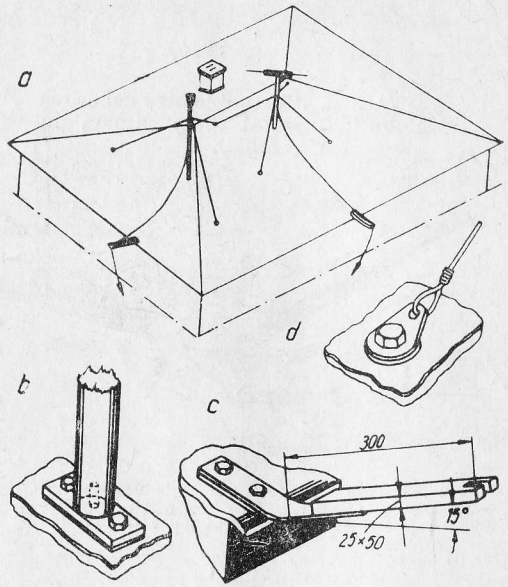



Fig. VII.19. Instalarea unei antene pe acoperiș cu învelitoarea din carton gudronat:

*a* — vedere generală; *b* — fixarea pilonului; *c* — detaliu de consolă de cablu; *d* — ancoră.

ral, posibilă și montarea pilonului trebuie făcută prin înlocuirea unei plăci cu o placă metalică străpunsă de suport. Acesta din urmă se fixează cu buloane de structura de susținere a acoperișului.

### 5. **Montarea fiderilor**

Fiderii sub formă de linii bifilare sau cabluri coaxiale după conectarea la intrarea antenei se fixează printr-un distanțier izolant sau din lemn de suportul antenei.

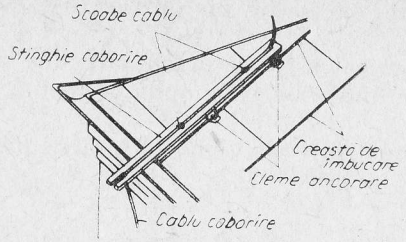



Fig. VII. 20. Stinghie pentru coborîrea cablului (de montat pe învelitoare din tablă).

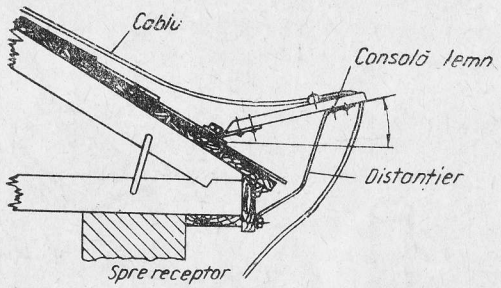



Fig. VII. 21. Stinghie de distanțare pentru coborîrea cablului (de montat pe învelitoarea din lemn).

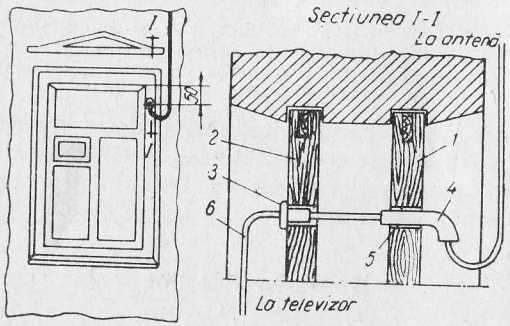



Fig. VII.22. Trecerea cablului prin fereastră:
*1* — rama exterioară; *2* — rama interioară; *3* — bucșă; *4* — pipă; *5* — smoală; *6* — cablu.

Trecerea peste marginea acoperișului, peste streașină sau peste marginea parapetului, dacă acoperișul este sub formă de terasă, se face cu ajutorul unui suport distanțier ca cel din fig. VII.20, dacă acoperișul este din tablă sau ca cel din fig. VII.21, dacă învelitoarea este din lemn.

Trecerea cablurilor din exterior în interiorul încăperilor se face, în general, prin tocul ferestrelor, utilizînd un dispozitiv cu pipă, așa cum se poate vedea în fig. VII.22.

## 6. Montarea antenelor în exteriorul clădirilor

Dacă imobilul în care se găsește receptorul este de înălțime mică și din motive de cîmp mai puternic util și cîmp perturbator de valoare mai redusă se dorește înălțarea antenei la o distanță de sol de 20 — 30 m, se folosesc piloni de susținere realizați dintr-o țeavă de fier sau din stîlpi de lemn. Cînd suportul se realizează sub forma unei țevi se face, în general, o groapă în pămînt de o adîncime care poate ajunge pînă la 1 m și de un diametru de 50 — 60 cm. Dacă se dorește ca antena să fie suportată de pilon, fără ca acesta să fie ancorat, pilonul se realizează din țeavă de fier, a cărei lungime se obține prin sudarea cap la cap a mai multor tronsoane. Diametrul țevii în acest caz va trebui să fie de circa 10 cm. Tronsoanele superioare care se sudează pot fi din diametre din ce în ce mai mici. Încastrarea în pămînt se face pe o adîncime mai mare, turnînd beton după fixarea poziției verticale a suportului. Dacă se prevăd și ancore, țeava de suport se poate face de diametru mai mic și încastrarea în pămînt se poate face pe o adîncime mai mică. Fixarea ancorelor se face pe urechi sudate de țeavă sau pe niște brățări cu urechi care se fixează pe țeavă cu niște coliere strînse în șuruburi, așa cum s-a văzut la antenele de televiziune de acoperiș. La fiecare 8—10 m, cu atît mai aproape cu cît țeava este mai subțire, se fac aceste puncte de ancorare. Ancorele se realizează după detaliile descrise. Din fiecare loc de ancorare vor porni cîte trei ancore care fac unghiuri de 120° între ele în planul orizontal. Lungimea ancorelor va fi diferită, întrucît pentru o bună fixare se recomandă ca sîrmele de ancorare să facă cu verticala unghiuri de aproximativ 45°.

Cînd se utilizează stîlpi de lemn se poate face o groapă ca cea arătată în fig. VII.23, în care se văd niște trepte. Datorită acestora, introducerea stîlpului în groapă și fixarea sa se pot face mai ușor. Ridicarea stîlpului către

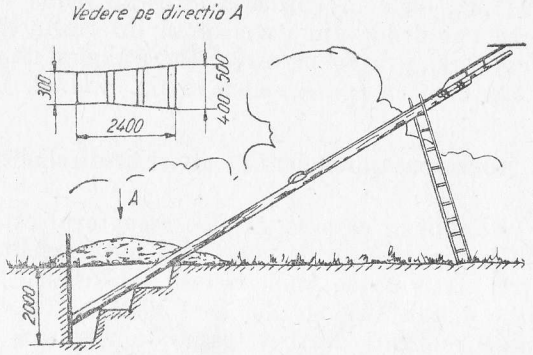



Fig. VII.23. Detaliu de fixare în pămînt a unui suport de antenă.

verticală se face cu ajutorul unor furci sau după executarea gropii se așază stîlpul pilon cu un capăt la marginea gropii și după o mică ridicare de la sol se folosește un dispozitiv auxiliar cu care este tras de capătul liber.

Din cele prezentate se remarcă că numai la stîlpi metalici sau de lemn de grosime mare pe care se pot fixa scări se mai poate urca la antenă pentru diverse reglaje. Din acest motiv, pe stîlpii de susținere de acest fel antena trebuie montată atîta timp cît stîlpul este la sol. Orientarea ulterioară a antenei după alte direcții este greu să se facă. Ar trebui ca ultimul tronson pe care este fixată antena, să poată fi mobil față de restul pilonului. Este adevărat că acest lucru se poate realiza fixînd ultimul tronson pe suportul propriu-zis cu ajutorul unor rulmenți sau a unor flanșe. O mișcare de rotație se poate transmite cu ajutorul unor cabluri.

Pentru a evita complicațiile — mai ales că în afară de dorința de orientare care nu apare totdeauna mai pot surveni și o serie de defecte electrice sau mecanice (care s-ar putea remedia numai prin dispozitive speciale de urcare sau prin aducerea intregului pilon la sol) — este bine să se folosească stîlpi articulați, așa cum s-a arătat la capitolul



de antene de unde scurte. Chiar dacă acești stîlpi sînt ancorați, desfacerea ancorelor și aducerea lor cu antena la sol, nu reprezintă deloc probleme dificile. La o astfel de fixare a antenei se poate oricînd interveni cînd este necesar pentru reparații, modificări, schimbări de orientare sau reglaje.

Pentru fixarea ancorelor în pămînt se pot practica diverse metode, așa cum se poate observa din fig. IV.24 și IV.25 Evident, că și la punctele de fixare se pot folosi cîrlige încastrate în beton.

## 7. Legăturile electrice

Legarea fiderilor la antene se face, fie prin lipire, fie prin prinderea conductoarelor respective cu șuruburi și piulițe. Pe șurubul destinat strîngerii se pun două șaibe, iar conductorul (capătul cablului sau al liniei) se înfășoară pe șurub între aceste două șaibe. Lipiturile se fac cu cositor sau sudate. Referitor la legăturile executate prin contact mecanic cu șuruburi și șaibe, acestea trebuie să se facă numai între următoarele metale : aluminiu cu zinc sau oțel nealiat, cupru cu oțel aliat sau cu diverse aliaje de lipit cu cositor și plumb și zinc cu cositor sau oțel aliat. Toate celelalte contacte nu sînt indicate.

## 8. Dispozitive de protecție

Pentru protejarea instalației de recepție împotriva descărcărilor electrice din atmosferă, care pot da incendii, avarii sau electrocutări ale persoanelor din apropiere, instalația trebuie să fie prevăzută cu dispozitive de protecție. Se pot utiliza dispozitive de parafulger montate pe antenă sau pe cablul de coborîre. Pe antenă se fixează o tijă verticală legată de suportul antenei și de un punct rece al acestei antene (prin punct rece se înțelege un punct al antenei în care tensiunea este minimă, așa cum este mijlocul dipolului). Această tijă joacă rol de paratrăsnet și se leagă împreună cu pilonul la priza de pămînt. Pentru coborîre cu cablu coaxial se pune la masă și cămașa cablului coaxial.

În orice caz, în condiții de descărcări atmosferice puternice, este bine ca linia de coborîre să se deconecteze de la receptor și să se lege la conductorul care merge la priza de pămînt.

17. *Omelianenko.* Televidenie. Moscova. Izd. Sviazi Radio. 1964.
18. *Statnic E.* Qecepția emisiunilor de televiziune la mare distanță. București. Ed. Tehnică 2963.
19. *Streng, K.* UHF Fernsehempfang, Berlin, VEB Verlag Technik, 1961
20. *Streng, K* Spezialantennenformen für VHF und UHF. În: Radio und Fernsehen, nr. 13, 1960.
21. *Streng, K.* Die Vorgänge in der Antennenenergieleitung. În: Radio und Fernsehen, nr. 19, 1961.
22. *Seefried.* Die Skeletschlitzantenne. În: Radio und Fernsehen, nr. 5, 1956.
23. *Taeger, W.* Die Vorausberechnung von UKW und FS-Antennen. În: Radio und Fernsehen, nr 12, 1956.
24. *Taeger, W.* UKW — und Fernseh-Empfangsantennen. Berlin, VEB Verlag Technik, 1961.
25. *Ulianov, V. I.* Antennî. Moscova, Sudpromghiz, 1957.
26. *Valito , R. A.* ș.a. Radioizmerenie na sverhvîsochich ciastotah. Moscova, Voenno izd. 1958.
27. *Vasilescu, I., Zamfir, G* Antene colective. București, Editura tehnică, 1963.
28. *Zaghic* — Kapcinschi. Antene de recepție pentru televiziune. București, Editura tehnică, 1961.
29. * * * RFT Gemeinschaftsantennenanlagen.
30. * * * Antennes pour TSF et télévision et de materiaux d'installation. Bad Blankenburg, VEB Fernmeldewerk.
31. * * * Norme interne referitoare la antene de TV. Intrepr. Electrpmure Tg. Mureș,
32. * * * Eine Antenne mit sehr grosser Bandbreite. În: Funk Technik, nr. 3, 1963.
33. * * * UHF — Antennen zum Selbstbau. În: Funktechnik, nr. 17 1965
34. * * * ARRL Antenna book. În: The Rumford Press. Concord. New Hampshire, S.U.A. 1949.

de antene de unde scurte. Chiar dacă acești stîlpi sînt ancorați, desfacerea ancorelor și aducerea lor cu antena la sol, nu reprezintă deloc probleme dificile. La o astfel de fixare a antenei se poate oricînd interveni cînd este necesar pentru reparații, modificări, schimbări de orientare sau reglaje.

Pentru fixarea ancorelor în pămînt se pot practica diverse metode, așa cum se poate observa din fig. IV.24 și IV.25 Evident, că și la punctele de fixare se pot folosi cîrlige încastrate în beton.

## 7. Legăturile electrice

Legarea fiderilor la antene se face, fie prin lipire, fie prin prinderea conductoarelor respective cu șuruburi și piulițe. Pe șurubul destinat strîngerii se pun două șaibe, iar conductorul (capătul cablului sau al liniei) se înfășoară pe șurub între aceste două șaibe. Lipiturile se fac cu cositor sau sudate. Referitor la legăturile executate prin contact mecanic cu șuruburi și șaibe, acestea trebuie să se facă numai între următoarele metale : aluminiu cu zinc sau oțel nealiat, cupru cu oțel aliat sau cu diverse aliaje de lipit cu cositor și plumb și zinc cu cositor sau oțel aliat. Toate celelalte contacte nu sînt indicate.

## 8. Dispozitive de protecție

Pentru protejarea instalației de recepție împotriva descărcărilor electrice din atmosferă, care pot da incendii, avarii sau electrocutări ale persoanelor din apropiere, instalația trebuie să fie prevăzută cu dispozitive de protecție. Se pot utiliza dispozitive de parafulger montate pe antenă sau pe cablul de coborîre. Pe antenă se fixează o tijă verticală legată de suportul antenei și de un punct rece al acestei antene (prin punct rece se înțelege un punct al antenei în care tensiunea este minimă, așa cum este mijlocul dipolului). Această tijă joacă rol de paratrăsnet și se leagă împreună cu pilonul la priza de pămînt. Pentru coborîre cu cablu coaxial se pune la masă și cămașa cablului coaxial.

În orice caz, în condiții de descărcări atmosferice puternice, este bine ca linia de coborîre să se deconecteze de la receptor și să se lege la conductorul care merge la priza de pămînt.

## 9. Măsurători și reglaje finale

Dacă este posibil, adică dacă se dispune de informații referitoare la valorile de cîmp util și de cîmp perturbator la locul de recepție, din măsurători efectuate de serviciile competente cu rezultatele date în buletinele de specialitate ale MPTc, din informațiile ce se pot culege de la posesorii de aparate de recepție din vecinătate sau din măsurători simple efectuate cu ajutorul unui măsurător de cîmp chiar de persoana interesată, se poate determina cu mult mai multă exactitate tipul necesar de antenă și cel mai bun loc de amplasare.

Dacă nu sînt posibile aceste lucruri se alege, așa cum s-a arătat, un tip de antenă care pare cel mai bun, ținînd seamă de distanță, obiecte înconjurătoare, vecinătăți industriale ca și de dorințele în legătură cu banda de recepționat și posibilitățile locale. După aceea se realizează, conform procedeelor indicate, antena și se instalează în mod provizoriu. Dacă se obțin rezultate bune numai prin găsirea unui loc de amplasare convenabil, prin înălțarea și orientarea ei, operațiile se pot termina cu această fază, și se realizează instalarea definitivă.

Dacă rezultatele obținute nu sînt satisfăcătoare, vor trebui efectuate cîteva măsurători simple în următoarea ordine: factor de undă staționară și poziția minimelor pe linie-pentru a se determina rezistența de intrare a antenei.

În baza rezultatelor obținute se realizează adaptarea. Apoi se verifică, dacă este cazul, simetrizarea liniei și a antenei. După aceea urmează o verificare a caracteristicii de directivitate. Cu aceasta reglajul antenei poate fi considerat terminat și dacă calitatea recepției nu este satisfăcătoare înseamnă că acest lucru se datorește numai locului de amplasare prost ales, și se procedează în consecință la găsirea altui loc și la o orientare corespunzătoare, fie cu direcția de cîștig maxim către emițător, fie cu o direcție de nul a caracteristicii către direcția de pe care apar reflexii.

Dacă zona respectivă este afectată puternic de reflexii și perturbații poate fi necesar să se utilizeze antene cu o directivitate foarte pronunțată și cu mai multe etaje.

## BIBLIOGRAFIE


1. *Beketov, U. I.* Antennî sverhvîsochih ciastot. Moscova, Voennoe izd., 1957.
2. *Bucurescu, M.* Recepția emisiunilor de televiziune la mare distanță. București, Editura tehnică, 1959.
3. *Bintliff, R.P.* Antena rotator remote control for TV, CB and Hams. În: Radio Electronics, iulie 1965.
4. *Brier, H.S.* Build a 144 MHz Swiss Quad antenna. În: Popular-electronics, iulie, 1965.
5. *Cartianu, Gh.* ș.a. Bazele radiotehnicii — Îndrumar de laborator. Lito, IPB, 1954.
6. *Feldman, L. D.* Televizionnîie priom. Moscova, Izd. Energhia, 1965
7. *Fradin, A. Z.* Izmerenie parametrov antenn. Gos. Izd. Liter. Sviazi i Radio, Moscova, 1962.
8. *Hartșenko.* Antena zi zag. În: Radio, nr. 3, 1961.
9. *Hetenyi Laslo.* Impedancia mérö. În: Radiotechnika, nr. 12, 1959
10. *Juster, F.* Cours pratique de télévision, vol. 3. Paris. Ed. Techn. et Proff., 1954.
11. *Kozlovschi, A. S.* Ustanovka antenn na krîșkah. Moscova, Gosenergoizdat, 1955.
12. *Koch, E.* Antennen für den Kurzwellenmateur. În: Funktechnik, nr. 10—11, 1962.
13. *Linde, D. P.* Antenno-fidernîe ustroistva. Moscova, Gosenergo-izdat, 1953.
14. *Nadenenko, S. I.* Antennî. Gos. Izd Liter. Sviazi i Radio, Moscova, 1959.
15. *Mann, H., Fischer, J.* Fernsehtechnik. Leipzig, Fachbuchverlag, 1958.
16. *Nicolau, Ed.* Antene. București, Ed. didactică, 1964.

# TABLA DE MATERII


Prefaţa ..... 3

Introducere ..... 5

1. Rolul antenelor în realizarea comunicaţiilor ..... 5
2. Clasificările antenelor ..... 11
3. Elementele componente ale unei instalaţii de antenă.. 14
4. Importanţa respectării normelor de instalare ..... 16

Cap. I. *Linii de transmisiune*

1. Parametrii liniilor..... 20
2. Impedanţa de intrare a liniilor ..... 21
3. Propagarea undelor pe liniile de transmisiune ..... 22
4. Tipuri de linii de transmisiune şi parametrii lor..... 26
5. Adaptarea impedanţelor cu ajutorul liniilor ..... 40

Cap. II. *Parametrii antenelor*

1. Generalităţi ..... 49
2. Parametrii experimentali primari ..... 50
3. Parametrii experimentali secundari determinaţi de impedanţa de intrare ..... 54
4. Parametrii experimentali secundari determinaţi de diagrama de directivitate ..... 55
5. Parametrii secundari determinaţi din cîştig ..... 56
6. Distribuţia curenţilor şi tensiunilor..... 60
7. Influenţa pămîntului ..... 61

Cap. III. *Antene pentru unde lungi şi medii*

1. Generalităţi ..... 65
2. Antene verticale ..... 69
3. Antene orizontale ..... 71
4. Antene antiparazite ..... 73

Cap. IV. *Antene pentru unde scurte*

1. Generalităţi ..... 77
2. Antene de emisie şi recepţie pentru radioamatori.... 80
3. Realizări constructive de antene pentru US..... 94

Cap. V. *Antene pentru unde ultrascurte*

1. Generalităţi ..... 103
2. Antene de bandă îngustă ..... 104
3. Antene de bandă largă ..... 117
4. Antene simple pentru unde ultrascurte ..... 131
5. Adaptarea antenelor de unde ultrascurte la liniile de alimentare ..... 136
6. Antene asociate pentru recepţia mai multor benzi.... 151

Cap. VI. *Măsurători şi reglaje la fideri şi antene*

1. Măsurarea tensiunii şi curentului ..... 153
2. Determinarea factorului de undă staţionară..... 159
3. Măsurarea impedanţelor de intrare în linie şi antenă 163
4. Măsurarea directivităţii ..... 173

Cap. VII. *Instalarea antenelor*

1. Criterii de alegere a antenelor ..... 175
2. Amplasarea antenelor ..... 178
3. Dimensionarea electrică ..... 178
4. Montarea antenelor ..... 182
5. Montarea fiderilor ..... 191
6. Montarea antenelor în exteriorul clădirilor ..... 193
7. Legăturile electrice ..... 195
8. Dispozitive de protecţie ..... 195
9. Măsurători şi reglaje finale ..... 196

Bibliografie ..... 197

Redactor responsabil : ing. MARIA BELURI
Tehnoredactor : MARIA IONESCU

*Dat la cules 17.05.1966. Bun de tipar 17.08.1966. Apărut 1966. Tiraj : 15 000+140 broşate. Hîrtie semivelină de 63 g/m², ft. 540×840/16. Coli editoriale 9,97. Coli de tipar 12,50 Planşe : tipar, 1. A. 5840/1966 C.Z. pentru bibliotecile mari 621.396.67. C.Z. pentru bibliotecile mici 621.*

Tiparul executat sub comanda nr. 3476 la
Întreprinderea Poligrafică „13 Decembrie 1918",
Str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97, Bucureşti,
Republica Socialistă România